Ortaöğretim

Fizik

10. Sınıf Ders Kitabı

Dr. Tuncay TUNÇ – Necati BAĞCI

Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulunun 18.04.2019 tarih ve 8 sayılı (ekli listenin 135'inci sırasında) kurul kararı ile 2019-2020 öğretim yılından itibaren 5 (beş) yıl süre ile Ders Kitabı olarak kabul edilmiştir.

EKOYAY
Eğitim Yayıncılık Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti.

İnönü Mah. İstanbul Yolu 7. km Necdet Evliyagil Cad. Nu: 24 Batıkent/Ankara
tel.: 0.312 278 49 61 • belgeç: 0.312 278 49 62

Her hakkı saklıdır ve EKOYAY Eğitim Yayıncılık Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne aittir. Kitabın metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

Dil Uzmanı : Tuncay DEMİREL
Görsel Tasarımcı : Gülçin AKIN BEKTAŞ
Baskı :

ISBN: 978-605-4677-32-0

Sertifika No: 52448

İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

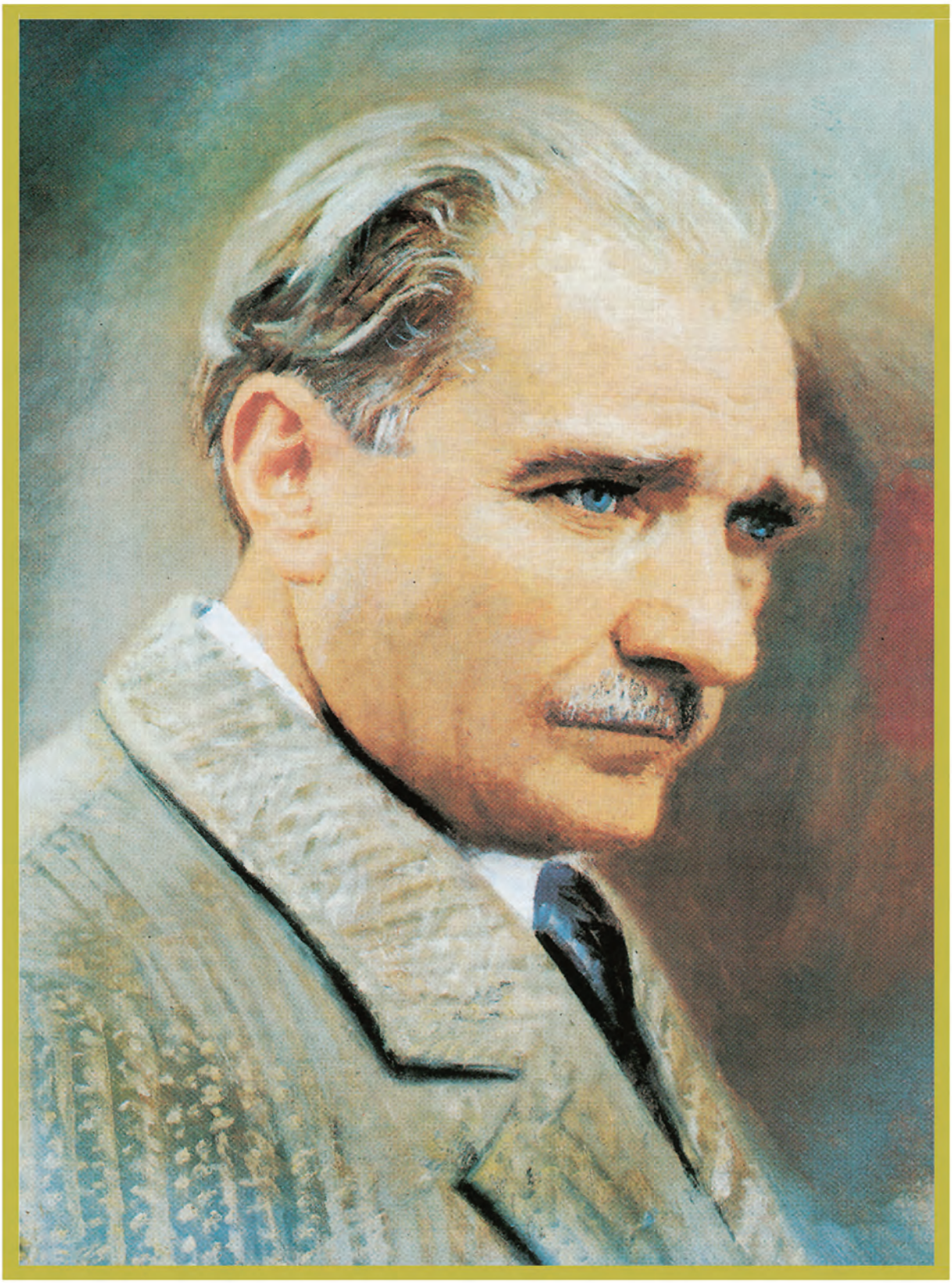
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

LABORATUVAR GÜVENLİĞİ İŞARETLER VE KURALLAR 7
KİTAP TANITIM ŞEMASI 8

1. ÜNİTE ELEKTRİK VE MANYETİZMA 10
1.1. Elektrik Akımı, Potansiyel Farkı ve Direnç 12
1.2. Elektrik Devreleri 23
1.3. Mıknatıs ve Manyetik Alan 53
1.4. Akım ve Manyetik Alan 61
1. Ünite Değerlendirme Soruları 74

2. ÜNİTE BASINÇ VE KALDIRMA KUVVETİ 78
2.1. Basınç 80
2.2. Kaldırma Kuvveti 114
2. Ünite Değerlendirme Soruları 124

3. ÜNİTE DALGALAR 128
3.1. Dalgalar 130
3.2. Yay Dalgası 145
3.3. Su Dalgası 154
3.4. Ses Dalgası 169
3.5. Deprem Dalgası 181
3. Ünite Değerlendirme Soruları 190

4. ÜNİTE OPTİK 196
4.1. Aydınlanma ve Gölge 198
4.2. Yansıma ve Aynalar 213
4.3. Kırılma ve Mercekler 235
4.4. Prizmalar ve Renk 254
4. Ünite Değerlendirme Soruları 271

CEVAP ANAHTARI 276
SÖZLÜK 282
KAYNAKÇA 283

LABORATUVAR GÜVENLİĞİ: İŞARETLER VE KURALLAR

Cam Malzeme Güvenliği

1. Bu işareti gördüğünüz zaman kolaylıkla kırılabilecek cam malzemelerle çalışılacağını anlayınız. Cam malzemeleri kullanırken çok dikkatli olunuz ve asla kırık cam malzemelerle çalışmayınız.
2. Tümüyle kurutmadan hiçbir cam malzemeyi ısıtmayınız. Soğuk olduğuna emin olmadığınız hiçbir cam malzemeyi elinizle tutmayınız. Cam malzemeler sıcak ise mutlaka kalın eldiven giyiniz.
3. Cam malzemeler ile işiniz bittikten sonra onları mutlaka temizleyiniz.

Yangın Güvenliği

1. Bu işareti gördüğünüzde yanıcı maddelerle çalışılacağını anlayınız. Güvenlik gözlükleri takmadan asla herhangi bir ateş kaynağı ile çalışmayınız.
2. Yanınızda öğretmeniniz veya uzman bir personel olmadan asla herhangi bir şeyi (özellikle kimyasal maddeleri) ısıtmayınız.
3. Maddeleri asla kapalı kaplarda ısıtmayınız.
4. Sıcak cisimleri tutarken mutlaka maşa kullanınız veya ısıya dayanıklı eldivenler giyiniz.

Isı Güvenliği

Bu işareti gördüğünüzde sıcak malzemeler ile çalışılacağını anlayınız. Isı eldivenlerini giymeden asla sıcak malzemeleri tutmayınız.

Kimyasal Madde Güvenliği

1. Bu işareti gördüğünüzde zehirli kimyasal maddeler ile çalışılacağını anlayınız.
2. Asla kimyasal maddeleri koklamayınız ve tatmayınız.
3. Kimyasal maddeleri gelişigüzel birbirine karıştırmayınız.
4. Kullanmadığınız kimyasal maddelerin kutularını sıkıca kapatınız.
5. Çalışırken ellerinizi yüzünüze sürmeyiniz, ağzınıza herhangi bir şey almayınız.
6. Cildinize ve gözünüze kimyasal madde sıçraması hâlinde bol su ile yıkayıp öğretmeninize haber veriniz.

Göz Güvenliği

1. Bu işareti gördüğünüzde yapacağınız deney ve etkinliklerde mutlaka gözlük kullanmanız gerektiğini anlayınız.
2. Deney tüpü, şişe gibi cam malzemeleri ısıtırken içindeki sıvının taşabileceğini göz önünde bulundurarak bu malzemeleri yüzünüzden ve gözünüzden uzak tutunuz.

Kesici Malzeme Güvenliği

1. Bu işareti gördüğünüzde yapacağınız deney ve etkinliklerde kesici malzemeler ile çalışacağınızı anlayınız.
2. Daima tek tarafı kesen bıçaklar kullanınız. Çift tarafı keskin olan bıçaklar çok tehlikelidir.
3. Kesici malzemeleri tutarken son derece dikkatli olunuz. Asla kesici malzemeleri vücudunuza doğru tutmayınız.
4. Herhangi bir yeriniz kesildiyse hemen öğretmeninize haber veriniz.

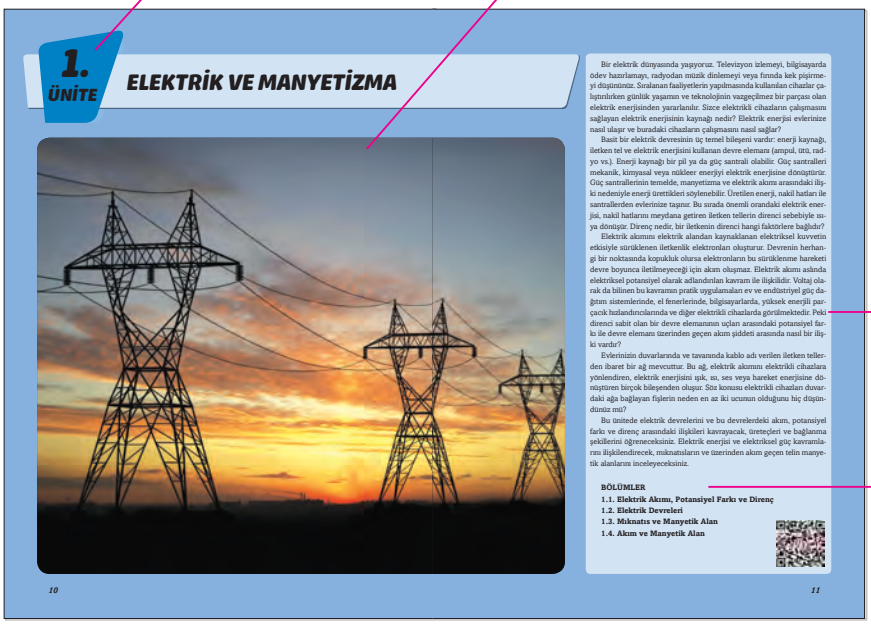
Elektrik Güvenliği

1. Bu işareti gördüğünüzde yapacağınız deney ve etkinliklerde elektrik enerjisi kullanacağınızı anlayınız.
2. Bir prize birden çok cihazın fişini takmayınız.
3. Asla ıslak elle elektrikli cihazlara dokunmayınız.

KİTAP TANITIM ŞEMASI

Ünitenin numarası ve adı belirtilmiştir.

Ünite giriş fotoğrafı ile ünitenin günlük hayattaki veya bilim ve teknolojideki uygulamalarına örnekler gösterilmiştir.



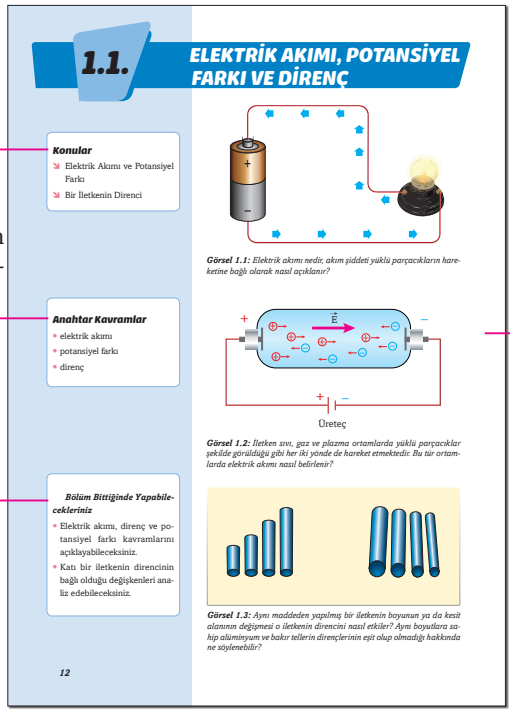
Ünitede işlenecek konular ile ilgili bir metin verilerek ünitenin içeriği ve amaçları ortaya konulmuştur.

Ünitede yer alan bölüm başlıklarına yer verilmiştir.

Bölümün alt başlıkları verilmiştir.

Kutucuk içinde ünitelerin her bir konusunda öğrenilecek kavramlar verilmiştir.

Bölümün amacı açıklanmıştır.



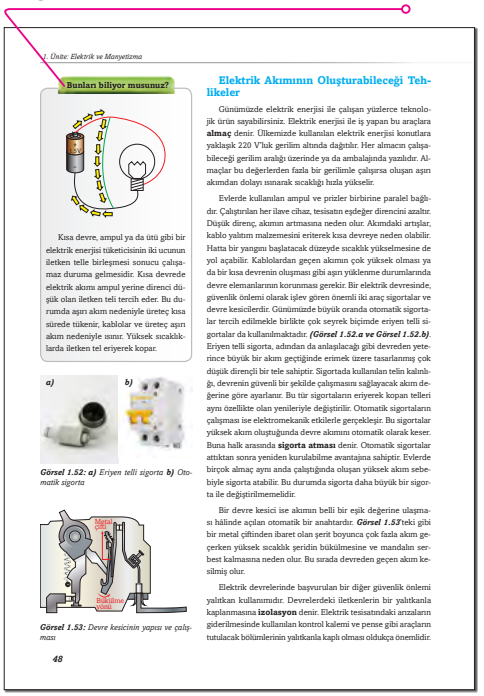
Bölümün özelliğine göre günlük hayatta karşılaşılan ya da bilinen bazı olaylar ve bunlarla ilgili merak edilebilecek sorular verilerek konunun içeriği ve amaçları ortaya konulmuştur.

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/1Fy050Q

Kitapta, "Fizik İnteraktif" köşesinde yer verilen oldukça uzun genel ağ adreslerine bağlanmada yaşanan sorunları gidermek için "https://bit.ly/" şeklindeki adres kısaltma servisinden yararlanılmıştır. Kısaltma adresinin devamındaki "1Fy050Q" gibi yazılan eklentiler uygulamanın kısaltma kodlarıdır.

Konularla ilgili kısa, özlü ve ilginç bilgiler bu başlık altında verilmiştir.



1. Ünite: Elektrik ve Manyetizma

Bunları biliyor musunuz?

Kısa devre, ampul ya da ütü gibi bir elektrik enerjisi tüketicisinin iki ucunun iletken telle birleşmesi sonucu çalışamaz duruma gelmesidir. Kısa devrede elektrik akımı ampul yerine direnci düşük olan iletken teli tercih eder. Bu durumda aşırı akım nedeniyle üreteç kısa sürede tükenir, kablolar ve üreteç aşırı akım nedeniyle ısınır. Yüksek sıcaklıklarda iletken tel eriyerek kopar.

Elektrik Akımının Oluşturabileceği Tehlikeler

Günümüzde elektrik enerjisi ile çalışan yüzlerce teknolojik ürün sayabilirsiniz. Elektrik enerjisi ile iş yapan bu araçlara **almaç** denir. Ülkemizde kullanılan elektrik enerjisi konutlara yaklaşık 220 V'luk gerilim altında dağıtılır. Her almacın çalışabileceği gerilim aralığı üzerinde ya da ambalajında yazılıdır. Almaçlar bu değerlerden fazla bir gerilimle çalışırsa oluşan aşırı akımdan dolayı ısınarak sıcaklığı hızla yükselir.

Evlerde kullanılan ampul ve prizler birbirine paralel bağlıdır. Çalıştırılan her ilave cihaz, tesisatın eşdeğer direncini azaltır. Düşük direnç, akımın artmasına neden olur. Akımdaki artışlar, kablo yalıtım malzemesini eriterek kısa devreye neden olabilir. Hatta bir yangını başlatacak düzeyde sıcaklık yükselmesine de yol açabilir. Kablolardan geçen akımın çok yüksek olması ya da bir kısa devrenin oluşması gibi aşırı yüklenme durumlarında devre elemanlarının korunması gerekir. Bir elektrik devresinde, güvenlik önlemi olarak işlev gören önemli iki araç sigortalar ve devre kesicilerdir. Günümüzde büyük oranda otomatik sigortalar tercih edilmekle birlikte çok seyrek biçimde eriyen telli sigortalar da kullanılmaktadır. ***(Görsel 1.52.a ve Görsel 1.52.b)***. Eriyen telli sigorta, adından da anlaşılacağı gibi devreden yeterince büyük bir akım geçtiğinde erimek üzere tasarlanmış çok düşük dirençli bir tele sahiptir. Sigortada kullanılan telin kalınlığı, devrenin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlayacak akım değerine göre ayarlanır. Bu tür sigortaların eriyerek kopan telleri aynı özellikte olan yenileriyle değiştirilir. Otomatik sigortaların çalışması ise elektromekanik etkilerle gerçekleşir. Bu sigortalar yüksek akım oluştuğunda devre akımını otomatik olarak keser. Buna halk arasında **sigorta atması** denir. Otomatik sigortalar attıktan sonra yeniden kurulabilme avantajına sahiptir. Evlerde birçok almaç aynı anda çalıştığında oluşan yüksek akım sebebiyle sigorta atabilir. Bu durumda sigorta daha büyük bir sigorta ile değiştirilmemelidir.

a) b)

Görsel 1.52: ***a)*** *Eriyen telli sigorta* ***b)*** *Otomatik sigorta*

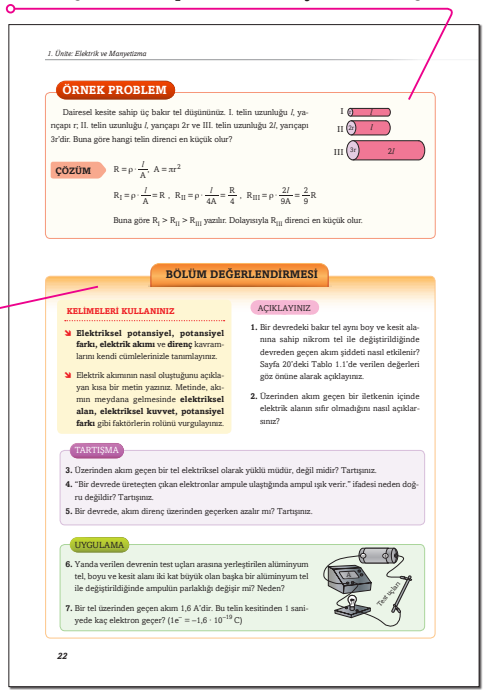
Görsel 1.53: *Devre kesicinin yapısı ve çalışması*

Bir devre kesici ise akımın belli bir eşik değerine ulaşması hâlinde açılan otomatik bir anahtardır. ***Görsel 1.53***'teki gibi bir metal çiftinden ibaret olan şerit boyunca çok fazla akım geçerken yüksek sıcaklık şeridin bükülmesine ve mandalın serbest kalmasına neden olur. Bu sırada devreden geçen akım kesilmiş olur.

Elektrik devrelerinde başvurulan bir diğer güvenlik önlemi yalıtkan kullanımıdır. Devrelerdeki iletkenlerin bir yalıtkanla kaplanmasına **izolasyon** denir. Elektrik tesisatındaki arızaların giderilmesinde kullanılan kontrol kalemi ve pense gibi araçların tutulacak bölümlerinin yalıtkanla kaplı olması oldukça önemlidir.

48

Konuyla ilgili öğrendiklerimizi pekiştirmek için örnek problemlere yer verilmiştir.



1. Ünite: Elektrik ve Manyetizma

ÖRNEK PROBLEM

Dairesel kesite sahip üç bakır tel düşünüyoruz. I. telin uzunluğu *l*, yarıçapı r; II. telin uzunluğu *l*, yarıçapı 2r ve III. telin uzunluğu 2*l*, yarıçapı 3r'dir. Buna göre hangi telin direnci en küçük olur?

I *l* r
II *l* 2r
III 2*l* 3r

ÇÖZÜM

$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$, $A = \pi r^2$

$R_I = \rho \cdot \frac{l}{A} = R$, $R_{II} = \rho \cdot \frac{l}{4A} = \frac{R}{4}$, $R_{III} = \rho \cdot \frac{2l}{9A} = \frac{2}{9}R$

Buna göre $R_I > R_{II} > R_{III}$ yazılır. Dolayısıyla R_{III} direnci en küçük olur.

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- **Elektriksel potansiyel, potansiyel farkı, elektrik akımı** ve **direnç** kavramlarını kendi cümlelerinizle tanımlayınız.
- Elektrik akımının nasıl oluştuğunu açıklayan kısa bir metin yazınız. Metinde, akımın meydana gelmesinde **elektriksel alan, elektriksel kuvvet, potansiyel farkı** gibi faktörlerin rolünü vurgulayınız.

AÇIKLAYINIZ

1. Bir devredeki bakır tel aynı boy ve kesit alanına sahip nikrom tel ile değiştirildiğinde devreden geçen akım şiddeti nasıl etkilenir? Sayfa 20'deki Tablo 1.1'de verilen değerleri göz önüne alarak açıklayınız.
2. Üzerinden akım geçen bir iletkenin içinde elektrik alanın sıfır olmadığını nasıl açıklarsınız?

TARTIŞMA

3. Üzerinden akım geçen bir tel elektriksel olarak yüklü müdür, değil midir? Tartışınız.
4. "Bir devrede üreteçten çıkan elektronlar ampule ulaştığında ampul ışık verir." ifadesi neden doğru değildir? Tartışınız.
5. Bir devrede, akım direnç üzerinden geçerken azalır mı? Tartışınız.

UYGULAMA

6. Yanda verilen devrenin test uçları arasına yerleştirilen alüminyum tel, boyu ve kesit alanı iki kat büyük olan başka bir alüminyum tel ile değiştirildiğinde ampulün parlaklığı değişir mi? Neden?
7. Bir tel üzerinden geçen akım 1,6 A'dir. Bu telin kesitinden 1 saniyede kaç elektron geçer? ($1e^- = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C)

Test devresi

22

Bölümlerin sonunda bölümün genelini içeren değerlendirme sorularına yer verilmiştir. Öğretmeninizle birlikte bu soruları cevaplandırarak varsa bölümle ilgili eksiklerinizi belirleyebilirsiniz.

Bölüm konularıyla ilgili öğrenmelerinizi tamamlamak, araştırma yapmak, iletişim kurmak ve yaratıcılık becerilerinizi geliştirmek amacıyla araştırma konuları verilmiştir.

2.2. Kaldırma Kuvveti

yoğunluğu ölçülerek belirlenir ***(Görsel 2.69)***. Şarjlı bir akümülatördeki çözeltinin yoğunluğu yaklaşık $1{,}3 \times 10^3$ kg/m^3 olurken tamamen boşalmış bir akümülatör için bu değer $1{,}15 \times 10^3$ kg/m^3 e düşer. Bu ölçüm, hidrometre yardımıyla gerçekleştirilir. Hidrometre, kalibre edilmiş bir cismin (şamandıra) çözelti içinde yüzdüğü seviyenin gözlemlenmesiyle yoğunluk ölçümü yapar. Çözelti, hidrometreye bir kaldırma kuvveti uygular. Kalibre edilmiş şamandıra, **Archimedes Prensibi**'ne göre yerini değiştirdiği sıvının ağırlığı, kendi ağırlığına eşit olana kadar sıvının içine girer. Kaldırma kuvvetinin etkisiyle yapılan bu yoğunluk ölçümü bizlere akümülatörün durumu hakkında sağlıklı bilgiler verir ve bu hususta yaşanacak sorunlar önlenmiş olur.

Görsel 2.69: *Hidrometre ile akümülatör içerisindeki sıvının yoğunluk ölçümü*

Bernoulli İlkesi ve **Archimedes Prensibi**'nin göz önüne alınmasıyla günlük hayatta yaşanan başka bazı problemler de önlenebilir. Şiddetli rüzgârların etkin olduğu günlerde çatıların uçtuğunu görmüş ya da duymuşsunuzdur. Çatıların alt ve üst bölümlerindeki basınç farkını ortadan kaldıracak ya da azaltacak uygulamalar bu sorunun yaşanmasını engeller. Çatının akışkan hızını artırmayacak geometrik yapıda tasarlanması ya da çatının altında küçük bacaların bırakılması, çatının alt ve üst bölümlerinde basınç farkını ortadan kaldıracak uygulamalardır.

Araştırınız

Dünyanın en büyük baskül köprüsü olan Yeni Galata Köprüsü, İstanbul'da Haliç'in iki yakasını birbirine bağlar. Köprünün dört baskül kanadı, imal edildiği Pendik inşaat sahasından Koca Yusuf dubası üzerinde römorkörlerle çekilip Haliç'e getirilmiştir. Kanatlar burada duba batırma yöntemi ile yerine monte edilmiştir. Su üzerindeki köprülerin yapımında kullanılan dubaların suya nasıl batırıldığını araştırınız.

Yeni Galata Köprüsü'nün su seviyesinden yüksekliği 6 m'dir. Köprüyü meydana getiren kanatlar, daha yüksek gemilerin geçmesi için oluşturulan hidrolik, elektronik ve mekanik sistemle 84 derece açılabilmektedir. Kanatların açılmasını sağlayan sistemin arızalı olduğu bir günde kaptanı olduğunuz daha yüksek gemiyi köprünün altından geçirmeniz gerekiyor. Bu derste öğrendiğiniz bilgileri göz önüne alarak köprünün altından geçmek için geminizdeki bu yüksekliğe sorununu nasıl aşarsınız?

NE ÖĞRENDİNİZ?

Hacimleri eşit olan X, Y ve Z cisimlerinden X yüzer durumda, Y askıda, Z ise dibe batmış hâlde dengededir. Buna göre,

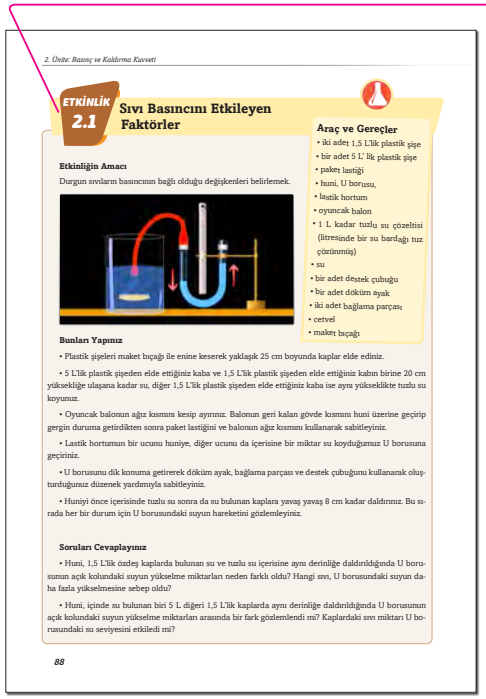
a) Cisimlerin ağırlıklarını karşılaştırınız.

b) Cisimlere etki eden kaldırma kuvvetlerini karşılaştırınız.

121

Konu içinde kendinizi değerlendirmeniz için kısa sorulara yer verilmiştir.

Merak ettiğiniz olayları araştırabilmeniz ve bu olayların neden ve nasıl olduğunu keşfedebilmeniz için etkinlikler verilmiştir.



2. Ünite: Basınç ve Kaldırma Kuvveti

ETKİNLİK 2.1

Sıvı Basıncını Etkileyen Faktörler

Araç ve Gereçler

- iki adet 1,5 L'lik plastik şişe
- bir adet 5 L' lik plastik şişe
- paket lastiği
- huni, U borusu,
- lastik hortum
- oyuncak balon
- 1 L kadar tuzlu su çözeltisi (litresinde bir su bardağı tuz çözünmüş)
- su
- bir adet destek çubuğu
- bir adet döküm ayak
- iki adet bağlama parçası
- cetvel
- maket bıçağı

Etkinliğin Amacı

Durgun sıvıların basıncının bağlı olduğu değişkenleri belirlemek.

Bunları Yapınız

- Plastik şişeleri maket bıçağı ile enine keserek yaklaşık 25 cm boyunda kaplar elde ediniz.
- 5 L'lik plastik şişeden elde ettiğiniz kaba ve 1,5 L'lik plastik şişeden elde ettiğiniz kabın birine 20 cm yüksekliğe ulaşana kadar su, diğer 1,5 L'lik plastik şişeden elde ettiğiniz kaba ise aynı yüksekliğe tuzlu su koyunuz.
- Oyuncak balonun ağız kısmını kesip ayırınız. Balonun geri kalan gövde kısmını huni üzerine geçirip gergin duruma getirdikten sonra paket lastiğini ve balonun ağız kısmını kullanarak sabitleyiniz.
- Lastik hortumun bir ucunu huniye, diğer ucunu da içerisine bir miktar su koyduğumuz U borusuna geçiriniz.
- U borusunu dik konuma getirerek döküm ayak, bağlama parçası ve destek çubuğunu kullanarak oluşturduğunuz düzenek yardımıyla sabitleyiniz.
- Huniyi önce içerisinde tuzlu su sonra da su bulunan kaplara yavaş yavaş 8 cm kadar daldırınız. Bu sırada her bir durum için U borusundaki suyun hareketini gözlemleyiniz.

Soruları Cevaplayınız

- Huni, 1,5 L'lik özdeş kaplarda bulunan su ve tuzlu su içerisine aynı derinliğe daldırıldığında U borusunun açık kolundaki suyun yükselme miktarları neden farklı oldu? Hangi sıvı, U borusundaki suyun daha fazla yükselmesine sebep oldu?
- Huni, içinde su bulunan biri 5 L diğeri 1,5 L'lik kaplarda aynı derinliğe daldırıldığında U borusunun açık kolundaki suyun yükselme miktarları arasında bir fark gözlemlendi mi? Kaplardaki sıvı miktarı U borusundaki su seviyesini etkiledi mi?

88

1. ÜNİTE

ELEKTRİK VE MANYETİZMA

Bir elektrik dünyasında yaşıyoruz. Televizyon izlemeyi, bilgisayarda ödev hazırlamayı, radyodan müzik dinlemeyi veya fırında kek pişirmeyi düşününüz. Sıralanan faaliyetlerin yapılmasında kullanılan cihazlar çalıştırılırken günlük yaşamın ve teknolojinin vazgeçilmez bir parçası olan elektrik enerjisinden yararlanılır. Sizce elektrikli cihazların çalışmasını sağlayan elektrik enerjisinin kaynağı nedir? Elektrik enerjisi evlerinize nasıl ulaşır ve buradaki cihazların çalışmasını nasıl sağlar?

Basit bir elektrik devresinin üç temel bileşeni vardır: enerji kaynağı, iletken tel ve elektrik enerjisini kullanan devre elemanı (ampul, ütü, radyo vs.). Enerji kaynağı bir pil ya da güç santrali olabilir. Güç santralleri mekanik, kimyasal veya nükleer enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Güç santrallerinin temelde, manyetizma ve elektrik akımı arasındaki ilişki nedeniyle enerji ürettikleri söylenebilir. Üretilen enerji, nakil hatları ile santrallerden evlerinize taşınır. Bu sırada önemli orandaki elektrik enerjisi, nakil hatlarını meydana getiren iletken tellerin direnci sebebiyle ısıya dönüşür. Direnç nedir, bir iletkenin direnci hangi faktörlere bağlıdır?

Elektrik akımını elektrik alandan kaynaklanan elektriksel kuvvetin etkisiyle sürüklenen iletkenlik elektronları oluşturur. Devrenin herhangi bir noktasında kopukluk olursa elektronların bu sürüklenme hareketi devre boyunca iletilmeyeceği için akım oluşmaz. Elektrik akımı aslında elektriksel potansiyel olarak adlandırılan kavram ile ilişkilidir. Voltaj olarak da bilinen bu kavramın pratik uygulamaları ev ve endüstriyel güç dağıtım sistemlerinde, el fenerlerinde, bilgisayarlarda, yüksek enerjili parçacık hızlandırıcılarında ve diğer elektrikli cihazlarda görülmektedir. Peki direnci sabit olan bir devre elemanının uçları arasındaki potansiyel farkı ile devre elemanı üzerinden geçen akım şiddeti arasında nasıl bir ilişki vardır?

Evlerinizin duvarlarında ve tavanında kablo adı verilen iletken tellerden ibaret bir ağ mevcuttur. Bu ağ, elektrik akımını elektrikli cihazlara yönlendiren, elektrik enerjisini ışık, ısı, ses veya hareket enerjisine dönüştüren birçok bileşenden oluşur. Söz konusu elektrikli cihazları duvardaki ağa bağlayan fişlerin neden en az iki ucunun olduğunu hiç düşündünüz mü?

Bu ünitede elektrik devrelerini ve bu devrelerdeki akım, potansiyel farkı ve direnç arasındaki ilişkileri kavrayacak, üreteçleri ve bağlanma şekillerini öğreneceksiniz. Elektrik enerjisi ve elektriksel güç kavramlarını ilişkilendirecek, mıknatısların ve üzerinden akım geçen telin manyetik alanlarını inceleyeceksiniz.

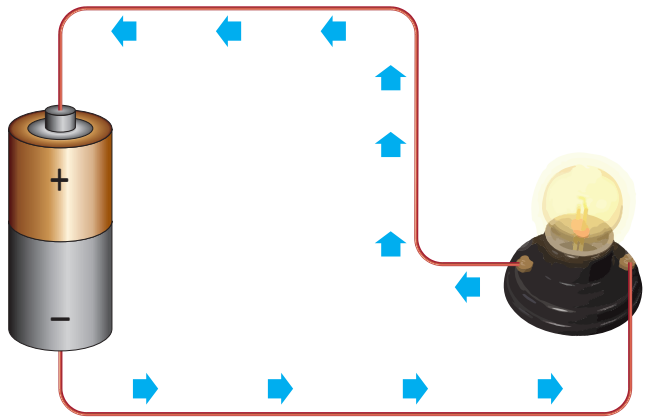
BÖLÜMLER

1.1. Elektrik Akımı, Potansiyel Farkı ve Direnç
1.2. Elektrik Devreleri
1.3. Mıknatıs ve Manyetik Alan
1.4. Akım ve Manyetik Alan

1.1. ELEKTRİK AKIMI, POTANSİYEL FARKI VE DİRENÇ

Konular

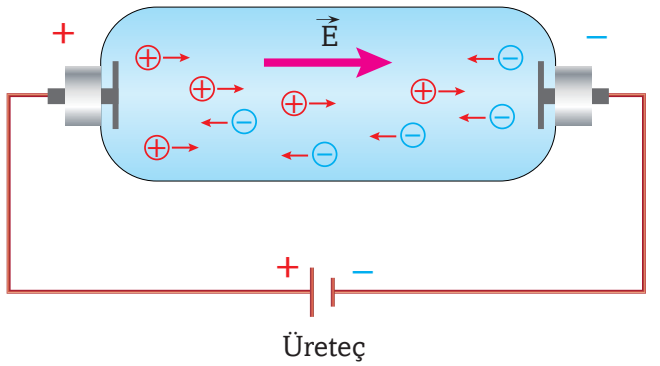
- Elektrik Akımı ve Potansiyel Farkı
- Bir İletkenin Direnci



Görsel 1.1: *Elektrik akımı nedir, akım şiddeti yüklü parçacıkların hareketine bağlı olarak nasıl açıklanır?*

Anahtar Kavramlar

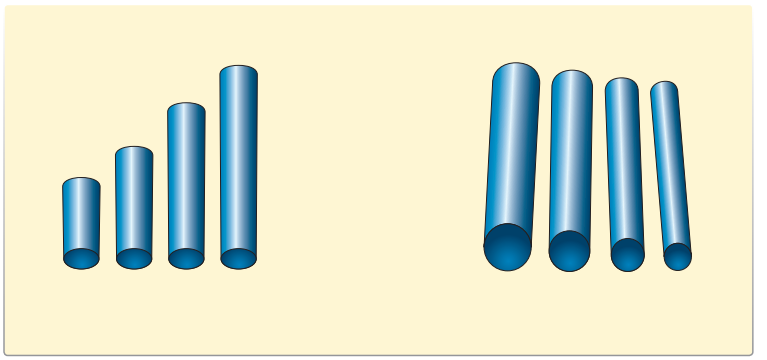
- elektrik akımı
- potansiyel farkı
- direnç



Görsel 1.2: *İletken sıvı, gaz ve plazma ortamlarda yüklü parçacıklar şekilde görüldüğü gibi her iki yönde de hareket etmektedir. Bu tür ortamlarda elektrik akımı nasıl belirlenir?*

Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

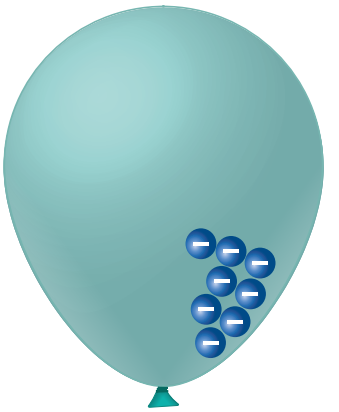
- Elektrik akımı, direnç ve potansiyel farkı kavramlarını açıklayabileceksiniz.
- Katı bir iletkenin direncinin bağlı olduğu değişkenleri analiz edebileceksiniz.



Görsel 1.3: *Aynı maddeden yapılmış bir iletkenin boyunun ya da kesit alanının değişmesi o iletkenin direncini nasıl etkiler? Aynı boyutlara sahip alüminyum ve bakır tellerin dirençlerinin eşit olup olmadığı hakkında ne söylenebilir?*

Elektrik Akımı ve Potansiyel Farkı

Sürtünme ve dokunma yoluyla elektrik yüklerinin bir cisimden başka bir cisme geçişini 9. sınıfta incelediniz. Anlık olarak yaşanan bu geçişte taşınan yüklerin genellikle ulaştığı bölgede kaldığını hatırlayınız ***(Görsel 1.4)***. Şimdi akan veya hareket eden elektrik yüklerini düşününüz. Su akıntısının su akışını ifade etmesi gibi elektrik akımı da yük akışı anlamına gelir. Okul servisinizin koltuğuna oturduğunuzda yün giysiniz sürtünme yoluyla elektronlar kazanır. Üzerinizde biriken elektronlar yüksüz metal kapı koluna dokunduğunuzda kıvılcım atlaması şeklinde anlık bir akımla boşalır. Bu olay sadece üzerinizdeki fazlalık elektronlar boşalana dek devam eder.

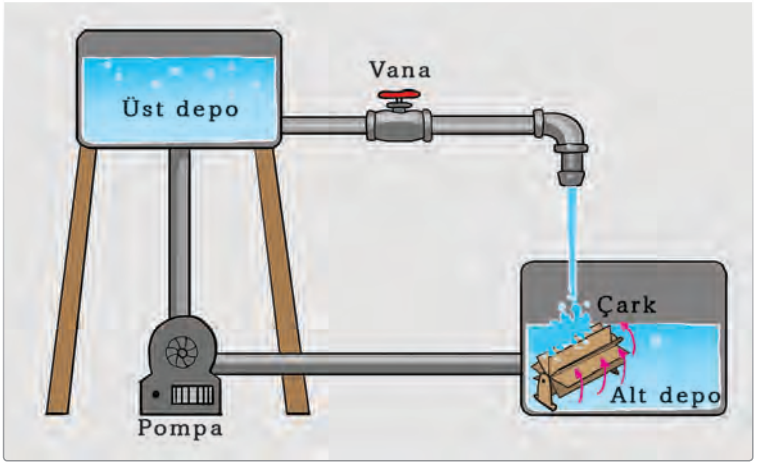


Görsel 1.4: *Yalıtkan bir cismin kazandığı elektrik yükleri cismin her yerine dağılmaz.*

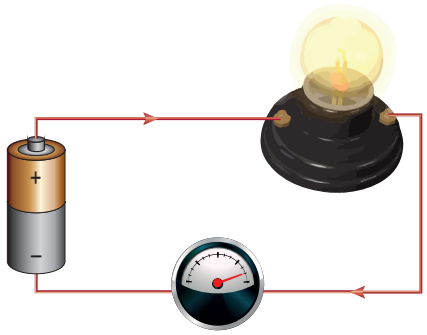
Elektron akımının devam etmesini sağlamak için kapı koluyla sizin aranızda bir iletken varken yüklerin ayrılmasını kontrol altında tutacak sürekli bir elektrik alan (ya da potansiyel farkı) oluşturmak gerekir. Bu, koltukta otururken kaymadan sürekli sürtünme ihtimaliniz varsa mümkün olabilir. Bu durumda bile üzerinizde açığa çıkan elektronların nötrlenmesi, sürekli bir akımdan ziyade bir dizi kıvılcım atlaması ile kendisini gösteren yük boşalması şeklinde gerçekleşir. Elektrostatik bir makine olan Van de Graaff (Van dö Graf) jeneratörünün ***(Görsel 1.5)*** bu şekilde çalıştığını yine 9. sınıf bilgilerinizden anımsamış olmalısınız. Sürekli bir elektron akımı elde etmedeki gereksinimleri anlamak için yararlı bir benzetme de dekoratif su çarkı düzeneğidir ***(Görsel 1.6)***. Düzenekte üst depodaki su, alt depodaki suya göre daha büyük bir yer çekimi potansiyel enerjisine sahiptir. Alt depodaki çarkı döndüren enerji, suyun sahip olduğu **potansiyel enerji**dir. Benzer şekilde bir devrede üretecin sağladığı **elektriksel potansiyel enerji** iş yaparak elektronların harekete geçmesine sebep olur. Elektronların bir noktadan başka bir noktaya hareketi sırasında birim yük başına düşen enerji miktarı **potansiyel (gerilim)** olarak tanımlanır. **Potansiyel farkı** ise, birim yükün devrede değişik iki nokta arasında taşınması için gerekli olan enerjiyi belirtir. Başka bir ifadeyle söz konusu iki noktanın potansiyel değerleri arasındaki fark demektir.

Görsel 1.5: *Van de Graaff jeneratörü*

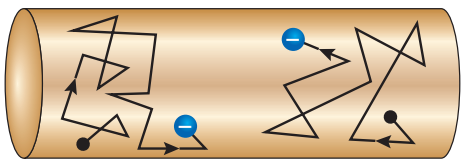
Çarkın dönmesinin ancak pompanın iki depo arasındaki potansiyel enerji farkını telafi edecek biçimde çalışmasıyla mümkün olduğunu unutmamak gerekir. Elektrik akımının oluşmasında potansiyel farkının rolünün doğru anlaşılması için yapılan bu analojide



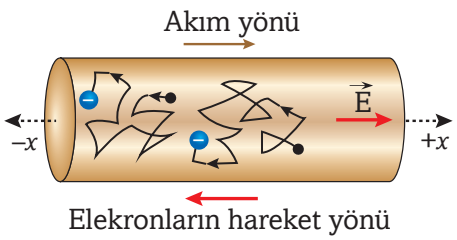
Görsel 1.6: *Pompa, üst ve alt depolar arasındaki potansiyel enerji farkını karşıladığı sürece su çarkı dönmeye devam eder.*



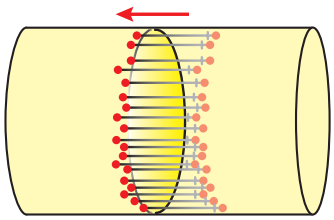
Görsel 1.7: *Pil, potansiyel farkı oluşturduğu sürece devreden akım geçer ve ampul ışık yaymayı sürdürür.*



Görsel 1.8: *Elektrik alanının yokluğunda, bir metal teldeki iki iletkenlik elektronun izlediği rastgele yollar. Net bir yer değiştirme gerçekleşmez. Buna bağlı olarak elektrik akımı da oluşmaz.*



Görsel 1.9: *+ x yönündeki bir elektrik alan* $(\vec{E})$ *elektronlara çarpışmalar arasındaki zamanda − x yönünde sabit bir ivme kazandırır. Ortalama olarak elektronlar − x yönünde sürüklenir. Teldeki akım + x yönündedir.*



Görsel 1.10: *İletkenin dik kesitinden bir anda ok yönünde geçen yük taşıyıcıları*

suya potansiyel enerji kazandıran pompa elektrik devresindeki üreteci, döngü hâlinde olan su ise yük akımını temsil etmektedir.

Suyun sürekli yer değiştirmesi sürekliliği olan bir su akımını oluşturduğu gibi elektrik devresindeki yüklü parçacıkların enerjiyi iletmesi de elektrik akımını oluşturur. Elektrik devresinde, uzun süreli bir akımın oluşması için devreye potansiyel farkı sağlayan bir üreteç bağlanır. Basit bir elektrik devresinde üretecin görevi devrede elektriksel potansiyel farkı oluşturmaktır. Başka bir ifadeyle, elektronları üretecin kutuplarını birleştiren tel boyunca sürekli hareket ettirmek için gereken enerjiyi sağlamaktır ***(Görsel 1.7)***. Peki, üreteç bunu nasıl yapar?

Herhangi bir ortamda elektrik akımından söz edebilmek için o ortamda net bir yük hareketinin olması gerekir. Devrede üreteç yokken bu hareket gözlenmez ***(Görsel 1.8)***. Pilin devreye bağlanmasıyla devrede yaklaşık ışık hızıyla etkisini gösteren bir elektrik alan kurulur. Elektrik alan sebebiyle iletkendeki bütün yüklü tanecikler üzerinde bir elektriksel kuvvet oluşur. Bu sırada iletkenliği sağlayan serbest elektronlar yolları üzerindeki atom ve başka elektronlarla etkileşir. Her bir etkileşim sonunda elektronun hareket yönü değişir ve elektronlar ***Görsel 1.9***'daki gibi zikzaklar çizen bir yörünge izlemiş olur. Bu yörünge incelendiğinde iletkenliği sağlayan serbest elektronların elektriksel kuvvet doğrultusunda net bir yer değiştirme yaptıkları görülür. İşte elektrik akımının temelinde oldukça düşük ortalama hıza (yaklaşık 0,33m/h) sahip bu **sürüklenme hareketi** yatmaktadır. Bu hızla elektronlar saatte ancak birkaç karış yol alabilir. Şu hâlde aklınıza şöyle bir soru takılabilir: Bir devrede bu kadar yavaş sürüklenme hızı ile 1-2 amperlik akım nasıl oluşur?

Hemen cevaplayalım: Devreye bağlanan üreteç devre boyunca çok sayıda yük taşıyıcısının aynı anda harekete geçmesini sağlar. Elektrik akımı, bu yük taşıyıcıların ne kadarının devredeki bir noktayı hangi hızla geçtiği ile ilgili bir büyüklüktür. Dolayısıyla akım şiddetinin yüksek olması, devredeki telin enine kesitinden bir anda çok sayıda yükün geçiş yapması demektir. İletkende yük taşıyıcı sayısı fazla ise, yüksek bir akımın oluşması için yüksek bir hızın olması gerekmez. Çünkü akım, yük taşıyıcıların bir saniyede ne kadar yol aldığına değil, telin kesitinden birim zamanda kaç yükün geçtiğine bağlıdır ***(Görsel 1.10)***.

Devredeki serbest elektronların çok yavaş harekete sahip olduğunu öğrendiniz. Şimdi aklınıza şöyle bir soru gelmiş olmalı. "Devrede akımı oluşturan elektronların saatte ancak birkaç karış yol alacak ölçüdeki yavaş hareketine rağmen neden odanın ampulü anahtar kapanır kapanmaz ışık verir?"

Çünkü anahtar kapanır kapanmaz kurulan elektrik alan etkisini bütün devre boyunca yaklaşık ışık hızıyla gösterir. Bununla birlikte elektrik alana devrenin her tarafında aynı anda ve hızlı bir şekilde tepki oluşur. Yük taşıyıcı parçacıklar üzerinde meydana gelen elektriksel kuvvet iletkenin her yerindeki serbest elektronları aynı anda hareket ettirir. Elektronların gerçek hareketi çarpışmalar sonucu meydana gelen yön değiştirmelere bağlı olarak yavaş gerçekleşirken, hareket etmeye başlamak için onları uyaran sinyal (elektrik alan), yaklaşık ışık hızıyla etkin hale gelir. Bunun sonucunda devredeki enerji iletimi yaklaşık ışık hızıyla sağlanmış olur. Sonuç olarak elektrik akımı, iletken ortamın bir noktasından aynı anda geçen yük taşıyıcıların sayısını ve geçiş hızını içeren bir orandır.

Bu oran iletken ortamın kesitinden birim zamanda geçen yük miktarının ölçülmesiyle belirlenir ***(Görsel 1.11)***.

Akım şiddeti matematiksel olarak

$$\textit{Akım şiddeti} = I = \frac{q}{t}$$

şeklinde ifade edilir.

Bu ifadede **I** akım şiddetini, **q** elektriksel yükü, **t** ise geçen zamanı gösteren sembol harflerdir.

Akım şiddetinin SI'daki birimi amperdir. Amper, **A** sembolü ile gösterilir. 1 amperlik akım, bir iletkenin birim kesitinden 1 saniyede 1 coulombluk (kulon, C) yükün geçtiği anlamına gelir (1 elektronun yükü = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C'dur.).

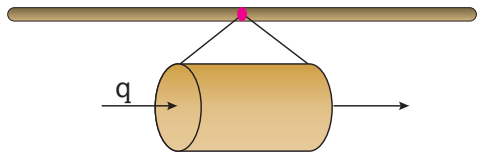
1 Amper (A) = 1 Coulomb (C) / 1 Saniye (s)'dir.

Örneğin, şekildeki gibi bir iletken telin birim kesitinden 40 s'de 20 C'luk yük geçerse akım şiddetinin değeri,

I = q / t = (20 C) / (40 s) = 0,5 C/s = 0,5 A olur.

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/2UOevaq



Görsel 1.11: *Akım şiddeti, bir devredeki iletkenin kesitinden birim zamanda geçen yük miktarıdır.*

Bunları biliyor musunuz?

Bir iletken teldeki serbest elektronların hareketi üç ayrı hızla ilgilidir:

a) titreşim şeklinde olan rastgele bir hız (büyüklüğü yaklaşık 10^5 m/s)

b) iletken tel boyunca elektrik enerjisinin aktarıldığı başka bir ifadeyle akımın oluşmasına sebep olan elektrik alanın kurulduğu hız (büyüklüğü yaklaşık 10^8 m/s)

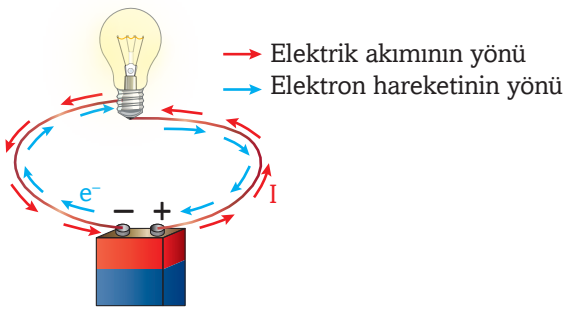
c) iletken telden akım geçtiğinde bir bütün olarak elektronların kazandığı hız (Bu, uygulanan gerilim başta olmak üzere birçok değişkene bağlı olmakla birlikte büyüklüğü birkaç amperlik akım için genellikle birkaç mm/s'dir.)

Bilime Hizmet Edenler

André-Marie Ampère
(1775 – 1836)

Fransa'nın Lyon kentinde doğdu. Küçük yaşlarda matematik ve fiziğe ilgi duydu, babasının zengin kütüphanesindeki birçok kitabı okuyarak kendisini geliştirdi. Doğduğu kentteki okullarda öğretmen olarak çalıştı. Üniversiteye profesör olarak atandı. Elektrik ve manyetizma başta olmak üzere matematik, kimya, felsefe ve astronomi alanlarında çalışmalar yaptı. Elektrik akımı ile mıknatıslanma arasındaki ilişkiyi açıklayarak günümüzde kullanılan elektrik motorlarından bilgisayarlardaki veri kaydetme sistemlerine kadar birçok teknolojik ürünün temellerini attı. Elektrik akımı ile potansiyel farkı arasındaki ayrımı yapan ilk kişidir. Elektrik akımı ölçümünde kullanılan ampermetrenin mucidi-dir. Elektrik akımı birimi olan "amper" onun adına atfen, kabul edilmiştir. 1836'da Marseilles'da (Marsilya) hayata gözlerini yummuştur (Görsel temsilîdir.).

https://bit.ly/3fpSOLW
(Yazar tarafından düzenlenmiştir.)



Görsel 1.12: Elektrik akımının yönü elektron hareketinin yönüne zıttır.

Aynı iletken telin birim kesitinden 0,5 s'de 2 C'luk yük geçerse akım şiddetinin değeri,

I = q / t = (2 C) / (0,5 s) = 4 C/s = 4 A olarak hesaplanır.

Amper birimi, Fransız bilim insanı André Marie Ampère (Andre Mari Amper) onuruna kabul edilmiştir. Anahtarı kapatılan bir el feneri devresinden geçen akım kullanılan pil sayısına bağlı olarak 0,5 ile 1 A arasında değişir. Otomobillerin marş motorundaki akım yaklaşık 200 A'dir.

Televizyon devrelerindeki akım genellikle miliamper (1 mA = 10^{-3} A), bilgisayar devrelerindeki akım ise mikroamper (1 μA = 10^{-6} A) cinsinden ifade edilir.

Peki elektrik akımının yönü nedir?

Elektrik konusunda kapsamlı bilimsel çalışmalar yürüten Benjamin Franklin (Benjamin Frenklin, 1706 – 1790), elektrik yükleri hakkında yeterli bilgilerin olmadığı dönemde yükleri bir sıvıya benzeterek elektrik akımının yönünü belirlemeye çalışmıştır. Bu çerçevede Franklin, yük taşıyıcılar olarak pozitif yükleri öngördü ve söz konusu yüklerin hareket yönünü de elektrik akımının yönü olarak benimsedi. Erken yapılmış bu kabule sonraki yıllarda Ampère ve diğer bilim insanları da uydu. Yıllar sonra elektrik akımını katı iletkenlerde negatif yüklü taneciklerin, üretecin negatif kutbundan pozitif kutbuna doğru hareketinin oluşturduğu anlaşıldı. Ancak bir karışıklığa yol açmamak için günümüze kadar Franklin'in koyduğu bu kural bozulmamıştır. Yani elektronların dış devredeki hareketinin yönü, pilin negatif (–) kutbundan pozitif (+) kutbuna doğru olurken elektrik akımının yönü, oturmuş bir gelenekle pilin pozitif kutbundan negatif kutbuna doğrudur ***(Görsel 1.12)***.

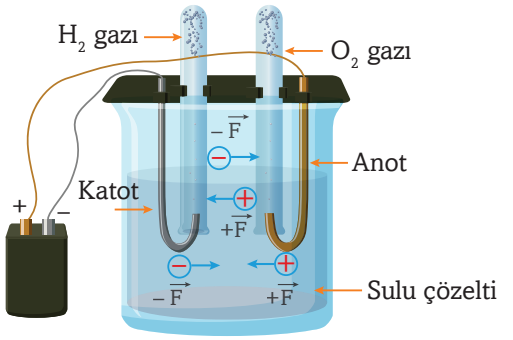
İletken katılarda elektrik akımının oluşmasında pozitif yüklü protonların bir katkısı yoktur. Çünkü pozitif yüklü protonlar ait oldukları atomun çekirdeğinden ayrılamaz. Dolayısıyla iletken katılarda elektrik akımını sadece katıyı meydana getiren atomlardaki serbest elektronların aynı yönlü hareketi oluşturur.

İletken sıvı çözeltilerinde ise elektrik akımını, açığa çıkan pozitif ve negatif yüklü iyonların zıt yönlerdeki hareketleri meydana getirir. Bu durumda da akımın yönü konusundaki geleneksel kabul değişmez ve elektrik akımının yönü, yine üretecin dışında pozitif kutuptan negatif kutba doğru olur. Örneğin seyreltilmiş sülfürik asit veya %5'lik çamaşır sodası çözeltisine daldırılan elektrotlar bir pilin kutuplarına bağlandığında devreden elektrik akımı geçer. Bu sırada ters çevrilerek elektrotlar üzerine geçirilmiş tüplerde zamanla oksijen ve hidrojen gazları toplanır ***(Görsel 1.13)***. Deney sırasında çözeltideki pozitif yüklü hidrojen iyonları pilin negatif kutbuna bağlı elektroda, negatif yüklü oksijen iyonları ise pilin pozitif kutbuna bağlı elektroda doğru hareket ederek elektrik akımının oluşmasını sağlar.

Gaz ortamlarda ise elektrik akımı, pozitif ve negatif yüklü iyonlar ile birlikte elektronların katkısıyla meydana gelir. Gazlar normal şartlarda elektrik akımını iletmez. Ancak gaz atomları herhangi bir yolla iyonlaştırıldığında ortam iletkenlik kazanır. Gaz ortamların iletkenlik kazanması için yüksek gerilim ve düşük basınç gibi özel şartların sağlanması gerekir. Bu durumda pozitif (+) yüklü iyonlar pozitif elektrottan (anottan) negatif elektroda (katoda) doğru sürüklenirken negatif (–) yüklü iyonlar ise tam tersi yönde sürüklenir.

Gazların elektrik akımını iletmesine aydınlatma amacıyla kullanılan floresan ampuller, reklam tabelalarında kullanılan neon ampulleri ve laboratuvarlarda deney aracı olarak kullanılan deşarj tüpleri örnek verilebilir. Bu örneklerde iletkenliği, basıncı düşürülmüş cam tüp içerisindeki gaz atomlarının iyonlaşmasıyla oluşan yüklü tanecikler ve ortamdaki serbest elektronlar sağlar ***(Görsel 1.14)***. Bunun dışında şimşek ve yıldırım, bir gaz karışımı olan havanın yüksek gerilim altında iyonlaşarak iki bulut kümesi ya da bir bulut kümesiyle yer arasında akım oluşmasıyla sonuçlanan birer doğa olayıdır.

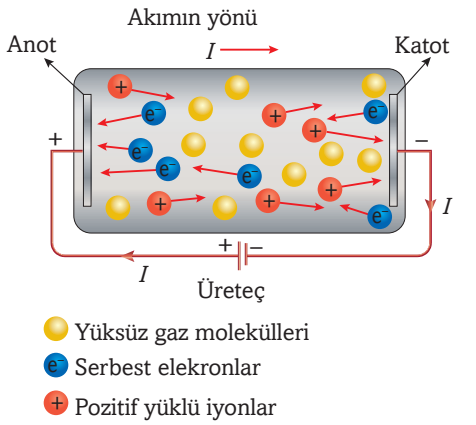
Plazmalara gelince plazmalar, yapısında fotonlar (ışığı oluşturan tanecikler), yüksüz (nötr) atomlar ve yoğun şekilde serbest elektronlarla iyonların yer aldığı bulutsu ortamlardır ***(Görsel 1.15)***. Bu yapısal özelliklerinden dolayı plazmalar, metaller içinde en iyi iletken olarak bilinen gümüşten bile onlarca kat daha iyi iletkendir. Düşük basınçlı olarak hazırlanan plazma küresindeki ışık arkları ortamın iletkenlik kazanmasıyla meydana gelir.



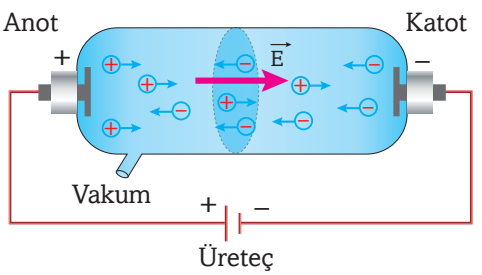
⊕ : H^+ iyonu ⊖ : O^{-2} iyonu

$\vec{F}$: İyonların hareketine neden olan kuvvet

Görsel 1.13: *İletken sıvı çözeltilerinde elektrik akımını oluşturan zıt yönlü iyon hareketi (Su devreden geçen akımın etkisiyle hidrojen (H_2) ve oksijen (O_2) gazları şeklinde cam tüplerde birikir.)*



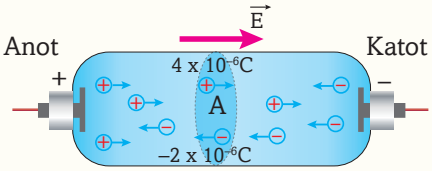
Görsel 1.14: *Neon lambasının şematik gösterimi. Elektrotlar arasındaki yüksek potansiyel farkı sebebiyle cam tüp içindeki neon gazı iyonize olur.*



Görsel 1.15: *İletken gaz ve plazma ortamlarında elektrik akımına ortamın kesitinden her iki yönde geçen yüklü taneciklerin katkısı vardır.*

ÖRNEK PROBLEM

Elektrik alanın yönünün şekildeki gibi olduğu bir deşarj tüpünün A kesitinden 0,4 s'de $4 \cdot 10^{-6}$C ve $-2 \cdot 10^{-6}$C yüke sahip tanecikler geçiyor. Buna göre deşarj tüpünde oluşan akımın yönünü belirtiniz, şiddetini hesaplayınız.



ÇÖZÜM

Tüp içerisindeki pozitif yüklü tanecikler elektrik alanla aynı yönde, negatif yüklü tanecikler ise alana zıt yönde sürüklenerek A kesitinden geçer. Elektrik akımı her iki yönde hareket eden yüklü taneciklerin katkısıyla oluşur. Meydana gelen akımın yönü bilim insanlarının yaptığı kabul gereği üretecin pozitif kutbundan negatif kutbuna doğru yani, elektrik alanla aynı yönlü olur. Akımın şiddeti hesaplanırken A kesitinden geçen yüklerin işaretleri ile işlem yapılmaz, yüklerin mutlak değerleri toplanarak işlem yapılır.

$q = 4 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6} = 6 \cdot 10^{-6}$ C, $\quad I = \frac{q}{t} = \frac{6 \cdot 10^{-6}}{0,4} = 15 \cdot 10^{-6}$ A olur.

Bir İletkenin Direnci

İletken bir teldeki serbest elektronlar oldukça karmaşık bir harekete sahiptir. Elektronlar bu karmaşık hareket sırasında birbirleriyle ve atomlarla sık sık çarpışır ve kazandıkları enerjiyi çarpıştıkları atomlara aktarır. Enerjiyi kazanan atomların titreşim genliği ve hızı yükselirken iletkende sıcaklık artışı meydana gelir. Böylelikle bir elektrik alan etkisiyle hızlanan elektronların enerji kaybıyla sonuçlanan hareketlerine karşı bir zorluk meydana gelir. İletkende atomik düzeydeki etkileşmelere bağlı olarak elektrik akımına karşı gösterilen zorluğa **direnç** denir. Şimdi bir etkinlik yaparak direncin hangi değişkenlere bağlı olduğunu araştıralım.

ETKİNLİK 1.1

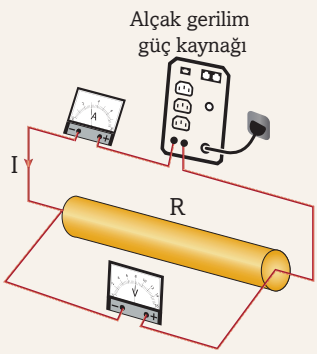
Elektriksel Direncin Bağlı Olduğu Değişkenler Nelerdir?

Araç ve Gereçler

- alçak gerilim güç kaynağı
- ampermetre, voltmetre
- cetvel, kumpas
- 6 adet krokodilli bağlantı kablosu
- kalınlıkları aynı, boyları farklı üç parça bakır tel
- boyları aynı, kalınlıkları farklı üç parça bakır tel
- boy ve kalınlıkları aynı, cinsleri farklı üç parça tel
- hesap makinesi

Etkinliğin Amacı

Bir iletkenin direncinin bağlı olduğu değişkenleri belirlemek.



Bunları Yapınız

I. Aşama

• Alçak gerilim güç kaynağını 9 volta ayarladıktan sonra bağlantı kablolarını ve ampermetreyi kullanarak şekildeki test devresini kurunuz.

• Boylarını cetvelle ölçtüğünüz aynı kalınlıktaki bakır telleri sırasıyla test devresinin test uçları arasına yerleştiriniz. Ardından her bir tel için devreden geçen akım ve telin uçları arasındaki potansiyel farkı değerlerini ölçünüz.

• Her bir durumda bakır telin uçlarına bağladığınız voltmetrenin gösterdiği potansiyel farkı değerlerini, devredeki ampermetrenin gösterdiği akım şiddeti değerlerine bölerek tellerin dirençlerini hesaplayınız.

• Ölçümlerinizi ve hesapladığınız direnç değerlerini aşağıdaki çizelgeye kaydediniz.

	1. tel	2. tel	3. tel
Telin boyu (cm)			
Uçları arasındaki potansiyel farkı (V)			
Akım şiddeti (A)			
Direnç (Ω) = Pot. farkı/Akım şiddeti			

• Çizelgedeki verileri kullanarak iletken telin direnci ile boyu arasındaki ilişkiyi gösteren grafiği çiziniz.

II. Aşama

• I. Aşamanın 2 ve 3. maddesindeki işlemleri bu sefer boyları aynı, kalınlıkları farklı bakır teller için tekrarlayınız. Ölçümlerinizi ve hesapladığınız direnç değerlerini aşağıdaki çizelgeye kaydediniz.

	1. tel	2. tel	3. tel
Telin kesit alanı (cm^2)			
Uçları arasındaki potansiyel farkı (V)			
Akım şiddeti (A)			
Direnç (Ω) = Pot. farkı/Akım şiddeti			

• Çizelgedeki verileri kullanarak iletken telin direnci ile kesit alanı arasındaki ilişkiyi gösteren grafiği çiziniz.

III. Aşama

• I. Aşamanın 2 ve 3. maddesindeki işlemleri şimdi de boy ve kalınlıkları aynı, cinsleri farklı (örneğin alüminyum, bakır, demir) üç tel üzerinde tekrarlayınız. Ölçümlerinizi ve hesapladığınız direnç değerlerini aşağıdaki çizelgeye kaydediniz.

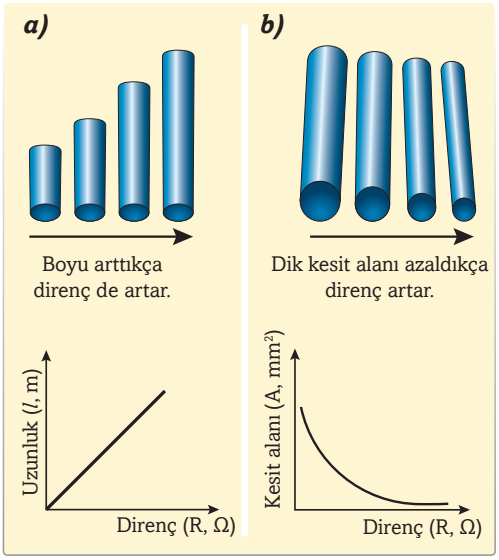
	Alüminyum	Bakır	Demir
Telin cinsi			
Uçları arasındaki potansiyel farkı (V)			
Akım şiddeti (A)			
Direnç (Ω) = Pot. farkı/Akım şiddeti			

Soruları Cevaplayınız

• İletkenin boyu ile direnci arasında nasıl bir ilişki vardır? İletkenin boyu arttıkça direnci de artıyor denebilir mi? Açıklayınız.

• İletkenin kesit alanı ile direnci arasında nasıl bir ilişki vardır? Kesit alanı arttıkça direnç azalıyor denebilir mi? Açıklayınız.

• İletkenin yapıldığı maddenin cinsinin değişmesine bağlı olarak direnç değeri de değişti mi? Buna göre direnç maddenin cinsine bağlıdır denebilir mi? Açıklayınız.



Görsel 1.16: a) *İletken telin boyu arttıkça direnci de artar.* ***b)*** *İletken telin kesit alanı küçüldükçe direnci büyür (Sıcaklık sabit).*

Tablo 1.1: *Bazı maddelerin öz direnç değerleri (20°C)*

Altın	$2{,}44 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$
Alüminyum	$2{,}82 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$
Bakır	$1{,}72 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$
Demir	$1{,}0 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot m$
Gümüş	$1{,}59 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$
Kalay	$1{,}09 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot m$
Karbon	$3{,}5 \cdot 10^{-5}\ \Omega \cdot m$
Kurşun	$2{,}2 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot m$
Kükürt	$1{,}0 \cdot 10^{15}\ \Omega \cdot m$
Nikrom	$1{,}10 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot m$
Tungsten	$5{,}60 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$

https://bit.ly/3sCJCrh

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/2z88sV7

Elektrik devresindeki pil veya jeneratör elektriksel yük taşınmasına sebep olan gerilim kaynağıdır. Devrenin bir kesitinden birim zamanda geçen yük miktarını ifade eden elektrik akımı, sadece gerilime değil aynı zamanda iletkenin elektron akışına gösterdiği zorluğa da bağlıdır. İletkenin elektriksel direncini ifade eden bu zorluk, kesit alanı küçülen ya da boyu daha uzun seçilen bir borudaki su akışının boru tarafından engellenme çabasına benzemektedir. Bildiğiniz gibi suyun akışını sadece borunun iki ucu arasındaki basınç farkı değil aynı zamanda borunun geometrik özellikleri de etkiler. Su akışına uzun boru, kısa bir borudan; dar boru, geniş bir borudan daha fazla direnir. Aynı şekilde elektrik akımına uzun bir tel, kısa telden; ince bir tel, kalın telden daha fazla direnç gösterir.

Yapılan etkinlikten elde edilen verilerle çizilen **direnç (R) – iletken telin boyu (*l*)** ve **direnç (R) – iletken telin kesit alanı (A)** grafiklerinden de anlaşıldığı üzere direnç boyla doğru, kesit alanıyla ters orantılıdır ***(Görsel 1.16)***.

Direnç (R) α Uzunluk (*l*)

$$\textbf{Direnç (R)} \alpha \frac{1}{\textbf{Kesit alanı (A)}}$$

R sembol harfi ile gösterilen direncin birimi SI'da ohm (Ω)'dur. "Ω" sembolü "omega" diye okunur. Direnç birimi adını Alman fizikçi Georg Simon Ohm'dan (Corç Saymın Om, 1789-1854) alır. Bir iletken boyunca bir voltluk potansiyel farkı, 1 amperlik elektrik akımı üretiyorsa iletkenin direnci 1 Ω dur. Elektriksel direnci Ω birimiyle ölçen aletlere **ohmmetre** denir.

Etkinlikte farklı maddelerden yapılan aynı boy ve kesit alanına sahip tellerin dirençlerinin eşit olmadığını gözlemlediniz. Bir iletkenin direncinin bağlı olduğu daha önemli bir değişken, telin yapıldığı maddenin cinsidir. Her maddenin birim uzunluk ve birim kesitteki parçasının elektrik akımına karşı gösterdiği direnç aynı değildir. Öz direnç kavramıyla temsil edilen bu değişken, bir iletkenin birim uzunluk ve birim kesitteki parçasının elektrik akımına karşı gösterdiği direnci ifade eder. Öz direnç, ρ (ro) sembolü ile gösterilir ve birimi SI'da (Ω · m)'dir. Bir maddenin direnci, öz direnciyle doğru orantılıdır.

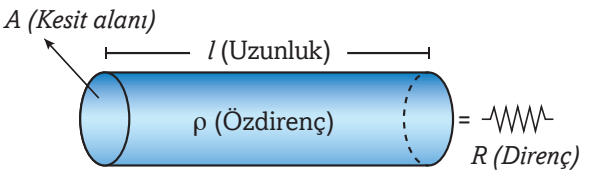
Direnç (R) α Öz direnç (ρ)

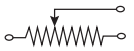
Öz direnç, aynı zamanda bir maddenin iletkenlik katsayısının çarpmaya göre tersine eşittir. Bu durumda öz direnç değeri küçük olan maddeler iyi iletken, büyük olan maddeler ise iyi yalıtkanlardır ***(Tablo 1.1)***. Bakır tel, aynı boyuttaki çelik ve nikrom (nikel-krom alaşımı) telden daha küçük dirence sahiptir. Oda sıcaklığında bakırın öz direnci $1{,}72 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$, nikromun öz direnci $110 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$'dir. Bunun yanında bir lastik şerit aynı boyuttaki çelik tel ile kıyaslanmayacak düzeyde muazzam bir dirence sahiptir.

Etkinlik sonuçlarına bağlı olarak yapılan açıklamalar birleştirildiğinde bir telin belli şartlardaki direnci,

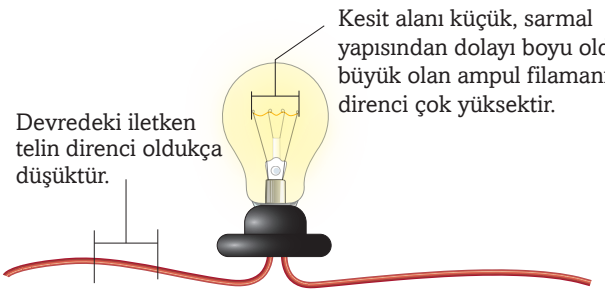
$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

bağıntısı ile ifade edilir.



Bir elektrik devresinde kullanılan direnç, devreye çizilen " -WWW- " sembol ile belirtilir. Eğer bu direnç reosta denilen ayarlanabilir bir direnç ise "  " şeklinde çizilen bir sembol ile temsil edilir.

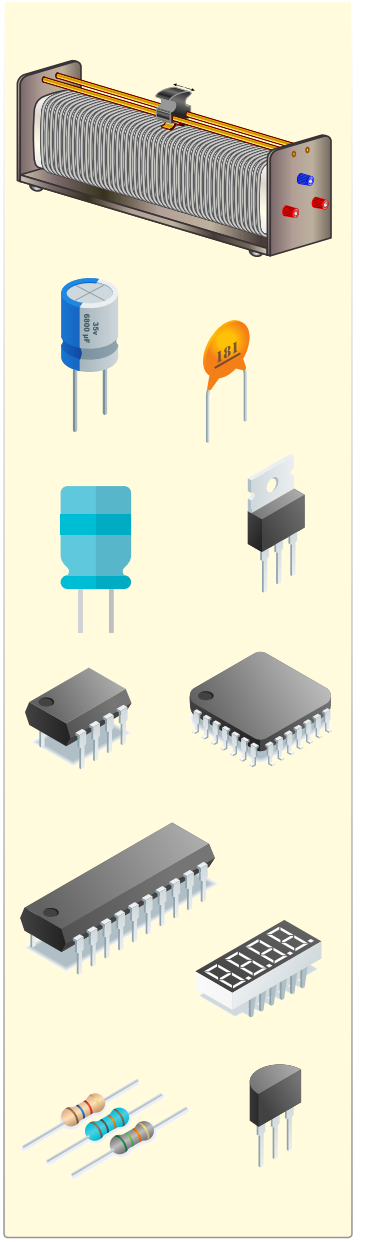
Elektrik devresini meydana getiren iletken tel, ampul ***(Görsel 1.17)***, devre anahtarı hatta pil bile belli bir dirence sahiptir. Bunların dışında belli amaçlar için devreye özellikle bağlanan dirençler de vardır ***(Görsel 1.18)***.



Görsel 1.17: Ampul direnç gibi davranan bir devre elemanıdır.

Dirençler:

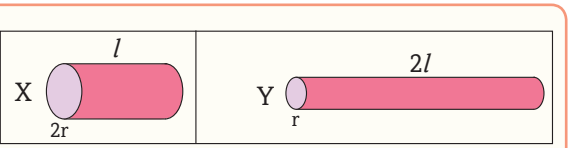
- devreden geçen akımı istenilen değerde tutmak için kullanılır. Bu sırada bazı devre elemanları aşırı akımdan korunmuş olur.
- devrenin belirli yerlerine yerleştirilerek istenilen devre bölümlerinde gerektiği kadar gerilim oluşmasını ve devrenin istenilen bölümlerinden gerektiği kadar akımın geçmesini sağlar.



Görsel 1.18: *Bazı direnç örnekleri*

ÖRNEK PROBLEM

Yarıçap ve boyları verilen bakır tellerden X'in direnci R_X, Y'nin direnci R_Y olduğuna göre R_X / R_Y oranı kaçtır?



ÇÖZÜM

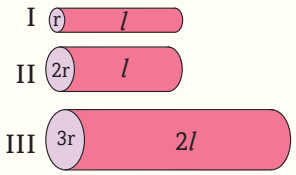
Boyu l yarıçapı 2r olan bakır telin direnci, $R_X = \rho \cdot \frac{l}{\pi(2r)^2} = \rho \cdot \frac{l}{4\pi r^2}$ dir.

Boyu $2l$ yarıçapı r olan bakır telin direnci ise

$R_Y = \rho \cdot \frac{2l}{\pi r^2}$ dir. Bu değerler taraf tarafa oranlanırsa $R_X / R_Y = \frac{1}{8}$ bulunur.

ÖRNEK PROBLEM

Dairesel kesite sahip üç bakır tel düşününüz. I. telin uzunluğu *l*, yarıçapı r; II. telin uzunluğu *l*, yarıçapı 2r ve III. telin uzunluğu 2*l*, yarıçapı 3r'dir. Buna göre hangi telin direnci en küçük olur?



ÇÖZÜM

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A},\ A = \pi r^2$$

$$R_I = \rho \cdot \frac{l}{A} = R\ ,\ R_{II} = \rho \cdot \frac{l}{4A} = \frac{R}{4}\ ,\ R_{III} = \rho \cdot \frac{2l}{9A} = \frac{2}{9}R$$

Buna göre $R_I > R_{II} > R_{III}$ yazılır. Dolayısıyla R_{III} direnci en küçük olur.

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- **Elektriksel potansiyel, potansiyel farkı, elektrik akımı** ve **direnç** kavramlarını kendi cümlelerinizle tanımlayınız.
- Elektrik akımının nasıl oluştuğunu açıklayan kısa bir metin yazınız. Metinde, akımın meydana gelmesinde **elektriksel alan, elektriksel kuvvet, potansiyel farkı** gibi faktörlerin rolünü vurgulayınız.

AÇIKLAYINIZ

1. Bir devredeki bakır tel aynı boy ve kesit alanına sahip nikrom tel ile değiştirildiğinde devreden geçen akım şiddeti nasıl etkilenir? Sayfa 20'deki Tablo 1.1'de verilen değerleri göz önüne alarak açıklayınız.

2. Üzerinden akım geçen bir iletkenin içinde elektrik alanın sıfır olmadığını nasıl açıklarsınız?

TARTIŞMA

3. Üzerinden akım geçen bir tel elektriksel olarak yüklü müdür, değil midir? Tartışınız.

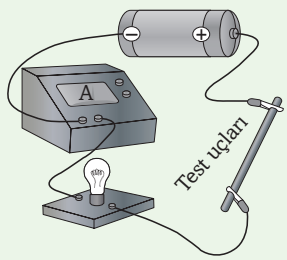
4. "Bir devrede üreteçten çıkan elektronlar ampule ulaştığında ampul ışık verir." ifadesi neden doğru değildir? Tartışınız.

5. Bir devrede, akım direnç üzerinden geçerken azalır mı? Tartışınız.

UYGULAMA

6. Yanda verilen devrenin test uçları arasına yerleştirilen alüminyum tel, boyu ve kesit alanı iki kat büyük olan başka bir alüminyum tel ile değiştirildiğinde ampulün parlaklığı değişir mi? Neden?

7. Bir tel üzerinden geçen akım 1,6 A'dir. Bu telin kesitinden 1 saniyede kaç elektron geçer? ($1e^- = -1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C)



1.2. ELEKTRİK DEVRELERİ

Konular

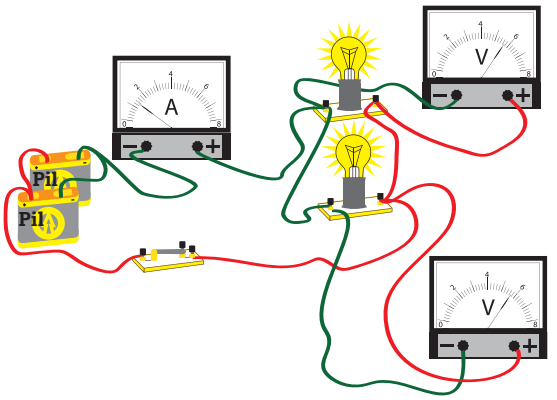
- Potansiyel Farkı, Akım Şiddeti ve Direnç Arasındaki İlişki (Ohm Yasası)
- Dirençlerin Bağlanması
- Üreteçlerin Bağlanması
- Elektrik Devrelerinde Enerji ve Güç

Anahtar Kavramlar

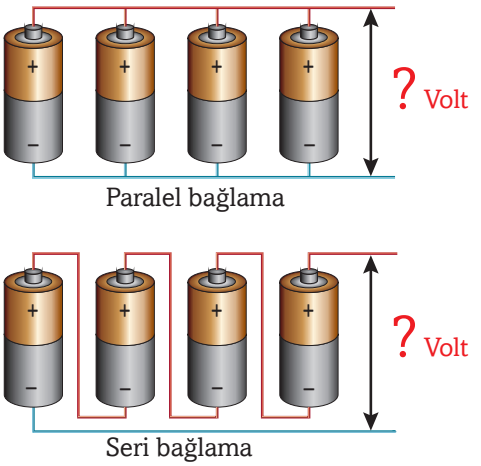
- Ohm Yasası
- eşdeğer direnç
- iç direnç
- elektromotor kuvveti
- elektrik enerjisi
- elektriksel güç

Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

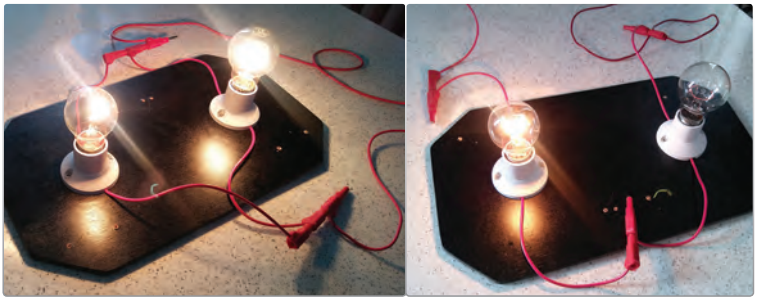
- Akım, direnç ve potansiyel farkı kavramları arasındaki ilişkiyi analiz edebileceksiniz.
- Üreteçlerin seri ve paralel bağlanma gerekçelerini açıklayabileceksiniz.
- Elektrik enerjisi ve elektriksel güç kavramlarını ilişkilendirebileceksiniz.
- Elektrik akımının oluşturabileceği tehlikelere karşı alınması gereken sağlık ve güvenlik önlemlerini açıklayabileceksiniz.



Görsel 1.19: *Elektrik akımı, potansiyel farkı ve direnç arasında nasıl bir ilişki vardır? Bu ilişkiyi belirlemek için yapılan ölçümlerde hangi araçlar kullanılır?*

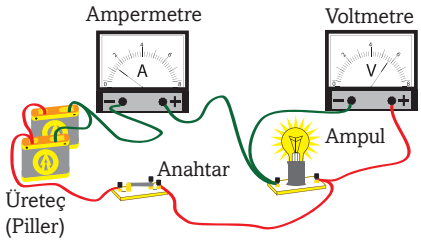


Görsel 1.20: *Enerji kaynağı olan üreteçler birbirine bazen seri bazen de paralel bağlanır. Bunun sebebi nedir?*

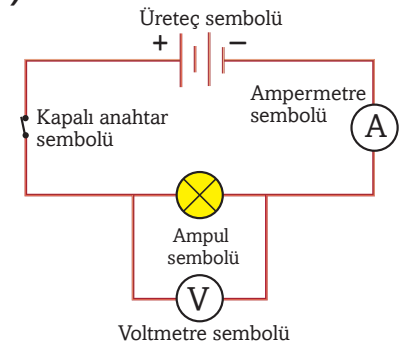


Görsel 1.21: *Elektrik enerjisi ile elektriksel güç arasında nasıl bir ilişki vardır? Güç değerleri farklı iki ampulün bağlanma şekli ampullerin parlaklıklarını etkiler mi?*

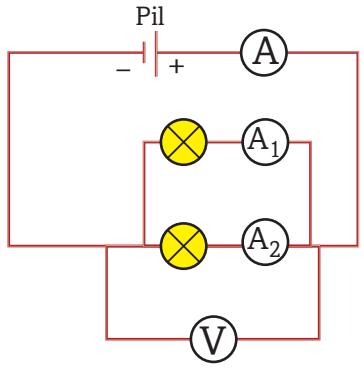
a)



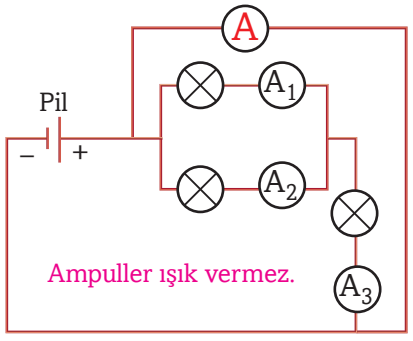
b)



Görsel 1.22: a) *Bir elektrik devresi*
b) *Elektrik devresinin şematik gösterimi*



Görsel 1.23: *Ampermetrelerin doğru bağlandığı bir devre şeması*



Görsel 1.24: *A ampermetresinin yanlış bağlandığı bir devre şeması*

Potansiyel Farkı, Akım Şiddeti ve Direnç Arasındaki İlişki (Ohm Yasası)

Kapalı bir devrede pil veya akümülatör gibi kaynakların sağladığı akım, iletken tel üzerinden geçerek ampul veya fan gibi cihazların çalışmasını sağlar. Basit bir elektrik devresi pil, anahtar ve ampul gibi devre elemanlarından oluşur ***(Görsel 1.22.a)***. Değişen ihtiyaçlar ve gelişen teknoloji ile birlikte yeni ve farklı elektrikli araçlar geliştirilmektedir. Bu araçlarda kullanılan pil, anahtar, ampul gibi devre elemanlarının şekil ve büyüklüğü değişirken çeşidi de artmaktadır. Elektrik devresini meydana getiren farklı devre elemanlarının resimlerini kâğıt üzerine çizerek göstermek pratik bir yol değildir. Ayrıca, çizilen resimlerden aynı şeyi anlaması herkesten beklenemez. Bilim insanları, mühendisler ve elektrik teknisyenleri bir elektrik devresini oluşturan devre elemanlarının resmini çizmek yerine bunları temsil eden birer sembol kullanırlar ***(Görsel 1.22.b)***. Bu semboller adeta elektrik biliminin ortak dilidir. Çünkü söz konusu semboller, dünyanın her yerindeki bilim insanlarına, mühendislere ve elektrik teknisyenlerine aynı anlamı ifade eder.

Elektrik devrelerinde kullanılan ölçüm araçlarından ampermetre, bağlı olduğu koldan geçen akım şiddetini ölçmek için kullanılır. İletken tel gibi düşük dirence sahip ampermetre her zaman devreye seri bağlanır. Bunun sebebi bağlandığı kol akımının değerinin etkilenmesinin önüne geçmektir.

Örneğin şeması ***Görsel 1.23***'te verilen devrede ampermetre, seri bağlandığı kolda iletken tel gibi davranır ve bu koldan geçen akımın gerçek değerini ölçmüş olur. Buna karşılık ampermetre şeması ***Görsel 1.24***'te verilen devrede olduğu gibi bir devre elemanına paralel bağlandığında çok düşük direncinden dolayı akımın geçmesi için alternatif bir yol sağlar ve kısa devre oluşturarak paralelindeki devre elemanı veya elemanlarının çalışmasını engeller.

Voltmetre, bir elektrik devresinde herhangi iki nokta arasındaki potansiyel farkını ölçmek için kullanılan alettir.

Devre elemanına paralel bağlanan voltmetre, direnci çok büyük olduğundan üzerinden elektrik akımının geçişine izin vermez. Bu sayede bağlı olduğu noktalar arasındaki potansiyel farkını doğru ölçer.

Elektrik ve elektronik konuları daha çok gerilim, akım ve direnç kavramları üzerine kuruludur. Bu sebeple söz konusu kavramları anlamak, kavramların büyüklüklerini ölçmek ve

aralarındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak amaca göre devre oluşturma bakımından oldukça önemlidir. Bir elektrik devresinde yeterli voltaja sahip üreteç (potansiyel farkı oluşturan kaynak) olduğu sürece o devreden elektrik akımı geçer. İletkenler ve devre elemanları, üzerlerinden geçen elektrik akımına karşı bir zorluk gösterirler. Bu zorluk, devre elemanının uçları arasındaki gerilim ile o devre elemanının üzerinden geçen akım şiddeti arasındaki ilişki incelenerek ortaya çıkarılabilir.

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/2vrxwVU

ETKİNLİK 1.2

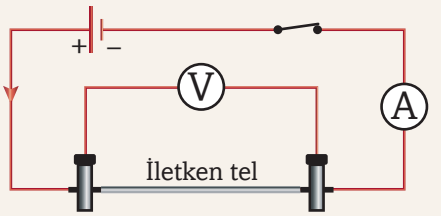
Potansiyel Farkı-Akım Şiddeti İlişkisi

Araç ve Gereçler

- alçak gerilim güç kaynağı
- ampermetre
- voltmetre
- bağlantı kabloları
- devre anahtarı
- boy ve kalınlıkları aynı, cinsleri farklı üç parça iletken tel (Alüminyum bakır ve demir tel olabilir.)
- hesap makinesi

Etkinliğin Amacı

Bir elektrik devresinde potansiyel farkı ile akım şiddeti arasındaki ilişkiyi belirlemek ve direncin bu değişkenlere bağlı olmadığını ispatlamak.



Bunları Yapınız

- Alüminyum teli kullanarak şeması yukarıda verilen deney düzeneğini hazırlayınız.

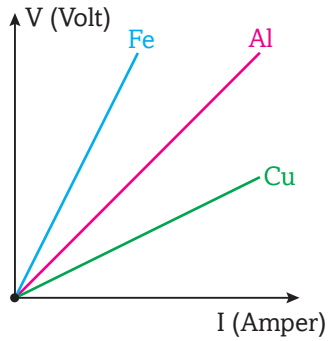
- Devreye bağladığınız alçak gerilim güç kaynağını, önce 1 V'a sonra da sırasıyla 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 V'a ayarlayarak her bir durumda devreden geçen akım şiddetini ve telin iki ucu arasındaki potansiyel farkını ölçünüz. Ölçümlerinizi ve hesapladığınız direnç değerlerini aşağıdaki çizelgeye kaydediniz.

- Alüminyum teli test uçlarından alarak yerine sırasıyla bakır ve demir telleri yerleştiriniz. Gerilimi her iki tel için de 1 V'tan 8 V'a kadar değiştirerek her bir durumda devreden geçen akım şiddetini ve tellerin iki ucu arasındaki potansiyel farkını ölçünüz. Ölçümlerinizi ve hesapladığınız $\frac{\text{Potansiyel farkı}}{\text{Akım şiddeti}} = \text{Direnç}$ değerlerini aşağıdaki çizelgeye kaydediniz.

	Alüminyum								Bakır								Demir							
Uçları arasındaki potansiyel farkı (V)	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Akım şiddeti (A)																								
Direnç (Ω) = Pot. farkı/Akım şiddeti																								

Soruları Cevaplayınız

Her bir tel için gerilim arttıkça akım şiddeti de artıyor mu? Bu artış oranı her üç tel için aynı mıdır, farklı mıdır? Açıklayınız.



Görsel 1.25: *Demir, bakır ve alüminyum iletkenlerinde akımın uygulanan potansiyel farkına göre değişimi (Sabit sıcaklıkta)*

Kapalı bir devredeki serbest elektronların hareketi, sağlanan potansiyel farkı ve devrede kurulan elektrik alanla ilgilidir. İletken tellerin iki ucu arasında potansiyel farkını oluşturan üreteçtir. Cinsi ne olursa olsun her telde 8 V'luk gerilim, 6 V'luk gerilimden; 6 V'luk gerilim de 4 V'luk gerilimden daha büyük bir akım üretir. Burada potansiyel farkının teller üzerinden geçen akımı belirleyen tek faktör olmadığını, bağlantı tellerinin cinslerinin de akımı etkilediğini unutmamak gerekir. Çünkü aynı boy ve kesit alanına sahip tellerden bakır üzerinden geçen akım şiddetinin alüminyum üzerinden geçenden, alüminyum üzerinden geçen akım şiddetinin de demir üzerinden geçenden daha büyük olduğu gözlemlenir. Bu sonuca göre demirin direncinin alüminyumdan, alüminyumun direncinin de bakırdan büyük olduğu söylenebilir. Her üç iletken için ölçülen potansiyel farkı ve akım şiddeti değerleri kullanılarak çizilen grafik ***Görsel 1.25***'te verildiği gibi birer doğru orantı grafiği olur. Bunun anlamı, hangi değerde bir potansiyel farkı uygulanırsa uygulansın iletkenin direnci daima sabittir. Her bir iletken için grafiklerin eğimi alındığında $\frac{\textbf{Potansiyel farkı}}{\textbf{Akım şiddeti}}$ oranının sabit olduğu görülür.

Kapalı bir devrede, bir iletkenin iki ucu arasındaki potansiyel farkının devreden geçen akım şiddetine oranı o iletken için sabittir. Bu sabit orana iletkenin direnci, ifadeye ise **Ohm Yasası** denir. Matematiksel olarak

$$\text{Direnç} = \frac{\text{Potansiyel farkı}}{\text{Akım şiddeti}} \Rightarrow R = \frac{V}{I}$$

şeklinde verilen bu yasa Enerjinin Korunumu veya Evrensel Çekim Kanunu gibi temel bir doğa yasası değil, İdeal Gaz Denklemi gibi belirli maddelerin davranışını açıklayan idealize edilmiş bir tanımlamadır. $R = \frac{V}{I}$ ifadesinde direnç, V'den ve I'dan bağımsızdır.

ÖRNEK PROBLEM

Bir otomobilin marş motoru 12 V'luk akümülatöre (akü) bağlıdır. Otomobilin kontak anahtarı çevrildiğinde marş motoru 50 amperlik akım çekiyor. Buna göre marş motorunun direnci kaç Ω'dur?

ÇÖZÜM

$V = I \cdot R$ olduğundan $12 = R \cdot 50$ ise $R = 0{,}24\ \Omega$

Akü kabloları, yüksek değerdeki akım karşısında ısınarak erimesin diye çok kalın yapılır. Kalın kabloların direnci küçük olduğundan yüksek akımları daha güvenli iletir.

ALIŞTIRMA

220 V'luk potansiyel farkı altında üzerinden 1,1 A akım geçen bir televizyonun direnci kaç Ω olur?

ÖRNEK PROBLEM

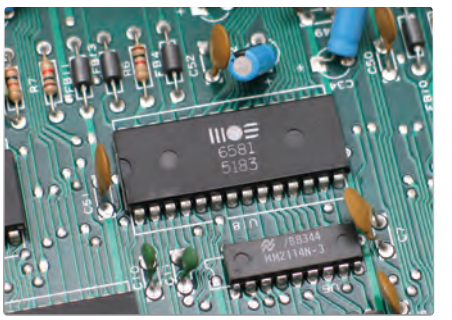
Türkiye'de evleri besleyen gerilim değeri ortalama 220 V'tur. Bir evde aydınlatma lambaları 22 A'den fazla akım çektiğinde devre kesici sistem, akımı kesiyor. Söz konusu evde devre kesicinin akımı kesmemesi için aynı anda çalıştırılan elektrikli cihazların eşdeğer direncinin minimum değeri kaç Ω olmalıdır?

ÇÖZÜM $V = I \cdot R$ olduğundan $220 = R \cdot 22 \Rightarrow R = 10\ \Omega$ bulunur.

Dirençler bir iletkenden geçen akımı kontrol etmek için kullanılabilir. İletkendeki akımı değiştirmenin bir yolu, iletkenin uçları arasındaki potansiyel farkı değiştirmektir. Ancak bu, çoğu durumda ev içi devrelerde olduğu gibi uygun olmaz. Peki, potansiyel farkı sabit kalmak kaydıyla bir teldeki akım şiddeti nasıl değiştirilir?

Ohm Kanunu'na göre V sabit kalmak kaydıyla direnç artarsa akım azalır. Bunun yolu, teli daha yüksek dirençli telle (daha uzun veya direnci yüksek maddeden yapılan tel) değiştirmek ya da tele bir direnç ilave etmektir.

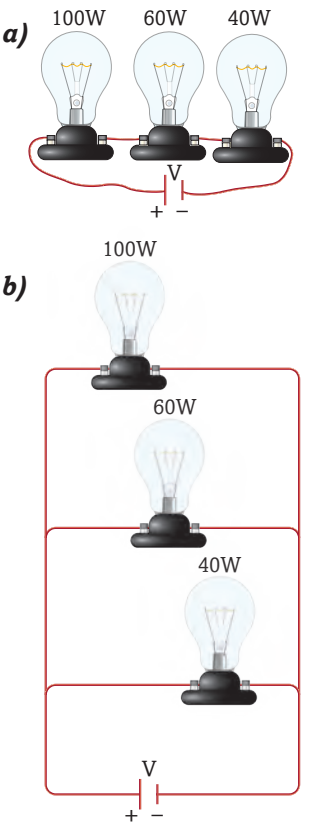
Elektronik cihazlardaki karmaşık devrelerle ***(Görsel 1.26)*** verilerin elde edilmesi, saklanması, değiştirilmesi ve iletilmesi oldukça gelişmiş bir akım kontrolü sayesinde sağlanır.



Görsel 1.26: *Elektronik devrelerinde de dirençler kullanılır.*

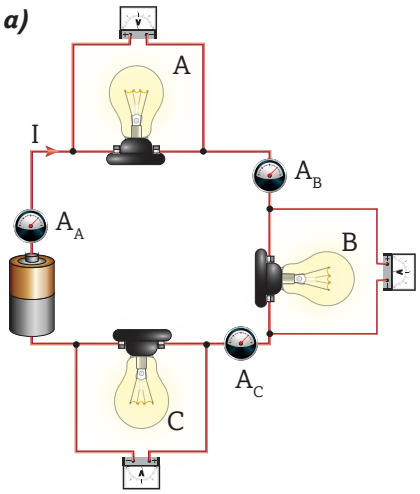
Dirençlerin Bağlanması

Çalışma masanızın iyi aydınlanmasını istiyorsunuz. Masa lambası için 100 wattlık (W), 60 W'lık ve 40 W'lık üç ampulünüz var. Bu ampullerden hangisini seçersiniz? Watt'ın bir güç birimi olduğunu 9. sınıfta öğrenmiştiniz. Bu yüzden 100 W'lık ampulün 60 W'lıktan, 60 W'lık ampulün de 40 W'lıktan daha parlak ışık üreteceğini tahmin edebilirsiniz. Peki her zaman bu parlaklık sıralaması doğru olur mu? Aynı üretece güçleri farklı olan ampullerin ***Görsel 1.27.a***'daki gibi seri ve ***Görsel 1.27.b***'deki gibi paralel bağlanması, yaydıkları ışık açısından bir fark yaratır mı? Hangi durumda ampullerden birinin flamanı koptuğunda diğerleri ışık yaymayı sürdürür? Bir devredeki akımın karşılaştığı zorluğu ifade eden direnç, akımı sınırlayarak belli bir değerde tutmaya çalışır. Bu yüzden yukarıdaki soruları yanıtlamak için birer direnç elemanı olan ampullerin seri, paralel ve karışık bağlanmaları durumunda eşdeğer direncin ne olacağını bilmek gerekir.

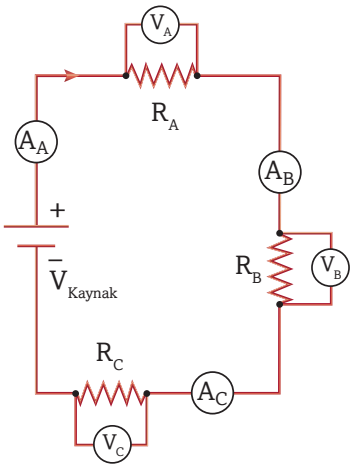


Görsel 1.27: *Güçleri farklı ampullerin seri* ***(a)*** *ve paralel* ***(b)*** *bağlanması hâlinde parlaklıkları değişir.*

a)



b)



Görsel 1.28: a) *Seri bağlı ampullerden oluşan elektrik devresi* ***b)*** *Seri bağlı ampullerden oluşan devre şeması*

Dirençlerin Seri Bağlanması

Ampullerin seri bağlanması ile oluşturulmuş bir devre ve devrenin şematik gösterimi ***Görsel 1.28***'de verilmiştir. Seri bağlı devrede kaynağın gerilimi (V_{Kaynak}); A, B ve C ampullerini temsil eden dirençler üzerindeki potansiyel düşmelerinin toplamına eşittir.

Böyle bir devrede A_A ampermetresinde okunan değer A_B ve A_C ampermetrelerinde okunan değerlere eşit olacaktır. Devreye sağlanan yük, dolayısıyla akım kollara ayrılmadığından her üç ampul üzerinden geçen elektrik akımı (I) aynı olacaktır. Ohm Kanunu her bir direnç için uygulanırsa

$V_A = I \cdot R_A$, $V_B = I \cdot R_B$ ve $V_C = I \cdot R_C$ yazılır.

Bu sebeple

$V_{Kaynak} = V_A + V_B + V_C$

$V_{Kaynak} = I \cdot R_A + I \cdot R_B + I \cdot R_C$ ya da $V_{Kaynak} = I \cdot (R_A + R_B + R_C)$ olur.

Bu durumda devreden geçen akım

$$I = \frac{V_{Kaynak}}{R_A + R_B + R_C}$$ bulunur.

Bu denklem, sadece üç direnci değil seride yer alan bütün dirençleri kapsar. Aynı kaynağın uçlarına dirençlerin toplamı kadar tek bir direnç bağlanmış olsaydı devreden yine aynı akım geçerdi. Böyle bir direnç, devrenin **eşdeğer direnci** olarak adlandırılır. Serideki dirençler için eşdeğer direnç tüm ampullerin dirençlerinin toplamıdır.

$R_{eş} = R_A + R_B + R_C$ Bu ifade n tane özdeş direncin seri bağlanması hâlinde $R_{eş} = n \cdot R$ şekline dönüşür.

Görüldüğü gibi eşdeğer direnç, serideki en büyük dirençten daha büyük olur. Bu sebeple üretecin gerilimini değiştirmeden devreye seri olacak biçimde daha fazla cihaz eklemek daima akımı azaltır. Devreden geçen akım,

$$I = \frac{V_{Kaynak}}{R_{eş}}$$ olur.

ÖRNEK PROBLEM

Birbirine seri bağlanmış eşit dirençli 10 adet süs ampulü 220 V gerilime bağlandığında, ampuller üzerinden geçen akım şiddeti 2,2 A oluyor.

a) Devrenin eşdeğer direnci nedir?

b) Her bir ampulün direnci nedir?

ÇÖZÜM

a) Ampullerin dirençleri eşit olduğundan

$$I = \frac{V_{Kaynak}}{R_{eş}} \Rightarrow 2{,}2 = \frac{220}{R_{eş}}$$

$\Rightarrow R_{eş} = 100\ \Omega$ bulunur.

b) $R_{eş} = n \cdot R$

$100 = 10 \cdot R$

$\Rightarrow R = 10\ \Omega$ olur.

Seri dirençlerin önemli bir uygulaması voltaj bölücü olmalarıdır. Bir voltaj bölücü, yüksek voltajlı bir üreteçten istenen büyüklükte voltaj elde etmek için kullanılır. 25 V'luk bir üreteç olduğunu ancak 5 V'luk bir potansiyel farkına ihtiyacınız olduğunu düşününüz. ***Görsel 1.29***'da görüldüğü gibi R_A, R_B ve R_C büyüklüğündeki üç direnç, bu 25 V'luk potansiyele seri bağlanır. Devrenin eşdeğer direnci

$$R_{eş} = R_A + R_B + R_C; \text{ Akım, } I = \frac{V_{Kaynak}}{R_{eş}}, \; I = \frac{V_{Kaynak}}{R_A + R_B + R_C} \text{ olur.}$$

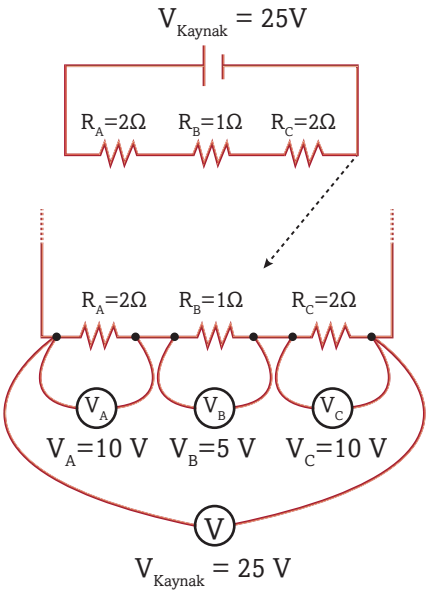
$$I = \frac{25}{5} = 5A$$

İstenen 5 V'luk voltaj R_B ile sağlanır.

$$V_B = I \cdot R_B = 5 \cdot 1 = 5V$$

Özetle seri bağlanmış dirençlerin oluşturduğu devre ya da devre bölümünde aşağıdaki özellikler dikkat çekmektedir:

- Her direnç üzerinden geçen akım aynıdır.
- Devredeki akım, seriyi oluşturan çeşitli dirençlerin göreceli konumlarından bağımsızdır.
- Herhangi bir direncin uçları arasındaki potansiyel farkı, bu direncin değeriyle doğru orantılıdır.
- Eşdeğer direnç, seri bağlanmış dirençlerin değerlerinin toplamına eşittir.
- Eşdeğer direnç, serideki en büyük direnç değerinden daha fazladır.



Görsel 1.29: *Dirençler gerektiğinde voltaj bölücü olarak kullanılır.*

ÖRNEK PROBLEM

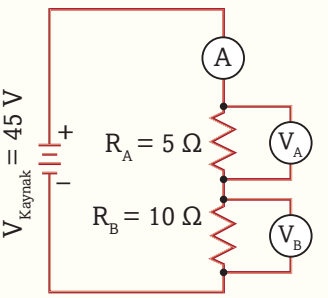
Değerleri 5 Ω ve 10 Ω olan iki direnç 45 V'luk üretece seri bağlanmıştır.

a) Devredeki akım nedir?

b) Her bir direnç üzerindeki voltaj düşüşü nedir?

c) 5 Ω'luk direnç, 3 Ω'luk direnç ile değiştirilirse devreden geçen akım nasıl etkilenir? Artar mı, azalır mı?

ç) 5 Ω'luk direnç, 3 Ω'luk direnç ile değiştirildiğinde 10 Ω'luk direnç üzerindeki potansiyel düşüşü artar mı, azalır mı?



ÇÖZÜM

Problemi yansıtan devre şeması çizilir. Ampermetre ve voltmetre devreye dâhil edilir.

Bilinenler:

$V_{Kaynak} = 45$ V

$R_A = 5$ Ω

$R_B = 10$ Ω

Bilinmeyenler:

$I = ?$

$V_A = ?$

$V_B = ?$

R_A'nın değişmesinin etkisi = ?

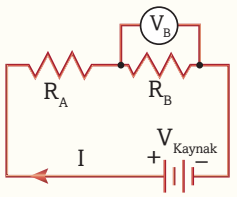
Strateji	İşlemler
Akımı belirlemek için eşdeğer direnç ve ana kol akımı hesaplanır.	$R_{eş} = R_A + R_B = 5 + 10 = 15\ \Omega \Rightarrow I = \frac{V}{R_{eş}} = \frac{45}{15} = 3\ A$ (a)
$V = I \cdot R$ kullanılarak her bir direnç üzerindeki voltaj düşmeleri hesaplanır.	$V_A = I \cdot R_A = 3 \cdot 5 = 15\ V$ $V_B = I \cdot R_B = 3 \cdot 10 = 30\ V$ (b)
R_A'nın yeni değeri (3 Ω) kullanılarak akım yeniden hesaplanır.	$R'_{eş} = R'_A + R_B = 3 + 10 = 13\ \Omega$ $I' = \frac{V}{R'_{eş}} = \frac{45}{13} = 3,46\ A$ akım artmış oldu. (c)
Direnç değişikliği yapıldıktan sonra 10 Ω'luk direncin uçları arasındaki potansiyel farkı hesaplanır.	$V'_B = I' \cdot R_B = 3,46 \cdot 10 = 34,6\ V$ Potansiyel farkı artmış oldu. (ç)
Sonuçlar test edilir.	Birimler doğru yazıldı mı? Akım (A) = V/Ω , Voltaj (V) = A · Ω Sayısal değerler gerçekçi mi? $R_{eş} > R'_{eş}$ olduğundan $I < I'$ $R_{eş}$ azaldığı için akım artar. V_B, I'ya bağlı olduğundan değişir.

ÖRNEK PROBLEM

9 V'luk pile 4 Ω ve 5 Ω'luk R_A ve R_B dirençleri seri bağlanıyor. Bir voltaj bölücü olarak 5 Ω'luk direncin uçları arasındaki potansiyel farkı kaç volttur?

ÇÖZÜM

Pil, dirençler ve voltmetrenin bulunduğu devre şeması çizilir.



Bilinenler:

$V_{Kaynak} = 9\ V$

$R_A = 4\ \Omega,\ R_B = 5\ \Omega$

Bilinmeyenler:

$V_B = ?$

Strateji	İşlemler
Akım ifadesi yazılır.	$I = \frac{V}{R_{eş}}$
Eşdeğer direnç belirlenir.	$R_{eş} = R_A + R_B$
Potansiyel farkı ifadesi yazılır.	$V_B = I \cdot R_B = \frac{V_{Kaynak}}{R_A + R_B} R_B = \frac{9 \cdot 5}{4 + 5} = \frac{45}{9} = 5\ V$
Sonuçlar test edilir.	Birim doğru yazıldı mı? Potansiyel farkı (V) = A · Ω Sayısal değerler gerçekçi mi? Potansiyel farkı pilin uçları arasındaki potansiyel farkından küçüktür. 5 Ω eşdeğer direncin yarısından büyüktür. Buna bağlı olarak potansiyel farkı da pilin uçları arasındaki potansiyel farkının yarısından büyüktür.

Dirençlerin Paralel Bağlanması

Ampullerin parelel bağlanması ile oluşturulmuş bir devre ve bunun şematik gösterimi ***Görsel 1.30***'da verilmiştir. Bu ampulleri temsil eden paralel dirençlerin aynı yöndeki uçları kendi aralarında bir noktada birleştirilmiştir. Dirençlerin bu şekilde aynı yöndeki uçlarının kendi aralarında bir araya getirilmesi **paralel bağlama** olarak adlandırılır.

Paralel bağlı dirençlerin iki ucu arasındaki potansiyel farkı, ayrı ayrı kaynağın gerilimine eşittir.

$V_{Kaynak} = V_A = V_B = V_C$

Devredeki A ampermetresinin gösterdiği ana kol akımı üç direncin bağlı olduğu kollara ayrılır. Ana kol akımı, bu kollara bağlanan A_A, A_B ve A_C ampermetrelerinin gösterdiği akım değerlerinin toplamına eşittir.

$I = I_A + I_B + I_C$ .....(1)

R_A, R_B ve R_C dirençlerinin iki ucu arasındaki potansiyel farkı V olduğundan her bir dirence Ohm Kanunu uygulanırsa

$I_A = \frac{V_{Kaynak}}{R_A}$, $I_B = \frac{V_{Kaynak}}{R_B}$, $I_C = \frac{V_{Kaynak}}{R_C}$ yazılır.

Bu değerler (1) eşitliğinde yerine yazılırsa eşdeğer direnci veren

$$\frac{V_{Kaynak}}{R_{eş}} = \frac{V_{Kaynak}}{R_A} + \frac{V_{Kaynak}}{R_B} + \frac{V_{Kaynak}}{R_C}$$

$$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C}$$

ifadesi bulunur. Bu ifadeye göre eşdeğer direnç devredeki en küçük direnç değerinden daha küçük çıkar.

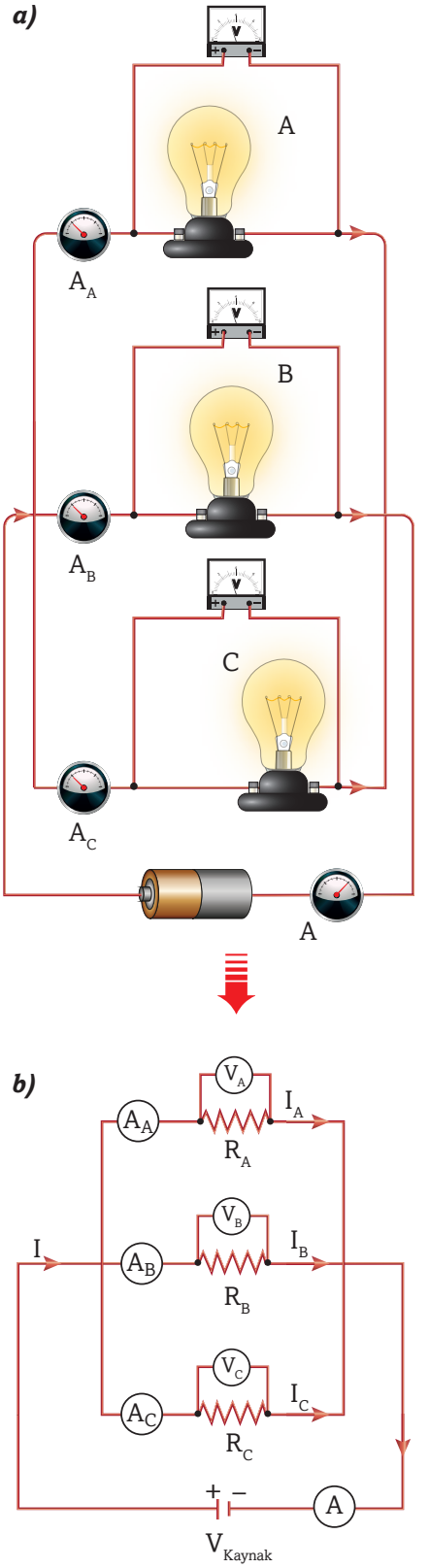
İki direncin paralel bağlanması hâlinde eşdeğer direnç

$\frac{1}{R_{eş}} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}$ ya da $R_{eş} = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B}$ olur.

n tane özdeş direncin paralel bağlanması hâlinde eşdeğer direnç $R_{eş} = \frac{R}{n}$ olur.

Paralel bağlanmış dirençlerin oluşturduğu devrede aşağıdaki özellikler dikkat çekmektedir:

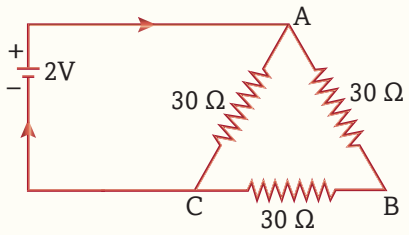
- Paralel kollardan geçen akımlar toplamı ana kol akımına eşittir.
- Her bir direncin uçları arasındaki potansiyel farkı aynı olup uygulanan potansiyel farkına eşittir.
- Eşdeğer direnç, devredeki en küçük direnç değerinden daha küçüktür.
- Her koldan geçen akım şiddeti, bu koldaki direnç değeriyle ters orantılıdır.
- Eşdeğer direncin çarpmaya göre tersi, paralel kollardaki dirençlerin çarpmaya göre terslerinin toplamına eşittir.



Görsel 1.30: a) *Paralel bağlı ampullerden oluşan elektrik devresi* ***b)*** *Parelel bağlı ampullerden oluşan devre şeması*

ÖRNEK PROBLEM

Yandaki devre şemasında verilenlerden yararlanarak ana koldan geçen akım değerini hesaplayınız.



ÇÖZÜM

ABC kolu üzerindeki 30 Ω'luk iki direnç seri bağlanmıştır.

Bu kolun direnci $R_1 = 30 + 30 = 60\ \Omega$,

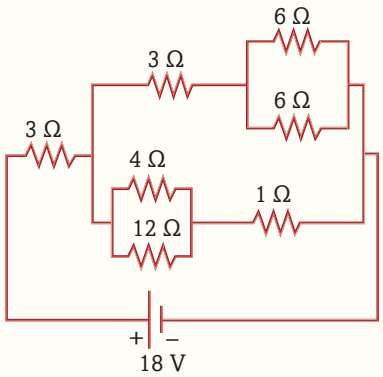
AC kolundaki direnç $R_2 = 30\ \Omega$'dur.

$$R_{eş} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{30 \cdot 60}{30 + 60} = \frac{1800}{90} = 20\ \Omega$$

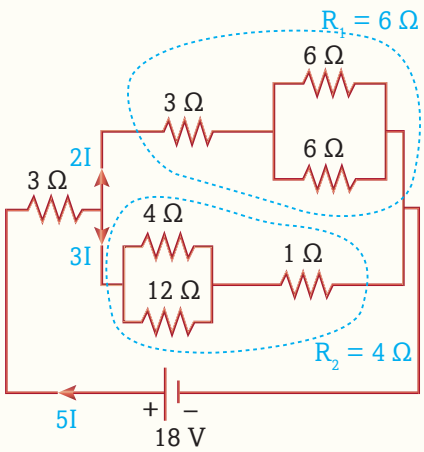
$$I = \frac{V}{R_{eş}} = \frac{2}{20} = 0,1A$$

ÖRNEK PROBLEM

Yanda şeması verilen elektrik devresinde 12 Ω'luk direnç üzerinden geçen akım şiddetini hesaplayınız.



ÇÖZÜM



$R_1 = 6\ \Omega$

$R_2 = 4\ \Omega$ bulunur. Akım, direnç ile ters orantılı olduğundan üst koldan 2I, alt koldan 3I akımı geçer.

$5I \cdot 3 + 2I \cdot 6 = 18$

$I = \frac{2}{3}$ A

$3I = 3 \cdot \frac{2}{3} A = 2$ A

12 Ω'luk direnç üzerinden geçen akım

$2 \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$ A bulunur.

ALIŞTIRMA

Seri bağlı iki ampulün eşdeğer direnci 40 Ω'dur. Bu ampuller paralel bağlandığında eşdeğer direnç 6,4 Ω olduğuna göre her bir direncin değerini bulunuz.

Üreteçlerin Bağlanması

Bir elektrik devresinde akımın oluşması için devrenin herhangi iki noktası arasında sürekli bir potansiyel farkının bulunması gerektiğini daha önce öğrenmiştiniz. Potansiyel farkı oluşturmak üzere devrede bulunan üreteç, iletken teldeki serbest elektronlar üzerinde iş yapar. Elektronların kazandığı enerji devredeki ampul, ısıtıcı ya da mikser gibi cihazlara aktarılır. Söz konusu cihazlar bu enerjiyi kullanarak (başka enerji türlerine dönüştürerek) iş yapar.

Devreye enerji sağlamak için her zaman tek bir pil ya da başka tür üreteç yeterli veya uygun olmayabilir. Bu durumda birden fazla pil bir araya getirilerek seri, paralel ya da karışık bağlanır. Oluşan yeni üretece **batarya** denir. Bir bataryanın sağladığı eşdeğer gerilim bir araya getirilen pillerin gerilim değerlerine ve bağlanma şekillerine göre değişir.

ETKİNLİK 1.3 Üreteçlerin Değişik Şekillerde Bağlanmasının Sonuçları

Araç ve Gereçler

- 3 adet pil (1,5 V)
- pil yatağı
- el feneri ampulü (3,5 V)
- duy
- bağlantı kabloları
- anahtar
- voltmetre
- ampermetre

Etkinliğin Amacı

Üreteçlerin bağlanma şekillerinin gerilim ve akım üzerindeki etkilerini araştırmak.

Bunları Yapınız

I. Aşama

• Şekil I'deki elektrik devresini kurunuz. Anahtar açıkken voltmetreyle pilin kutupları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz.

• Anahtarı kapatınız. Ampermetreyle devreden geçen akım şiddetini ve voltmetreyle pilin kutupları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz.

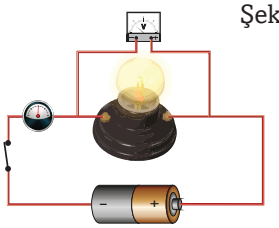
• Şekil II'deki devreyi kurunuz. Anahtar açıkken iki pilden oluşan bataryanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz.

• Anahtarı kapatınız. Devreden geçen akım şiddetini ve iki pilden oluşan bataryanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz.

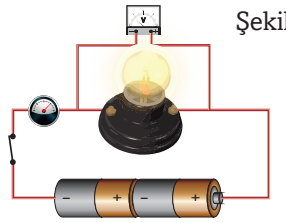
• Şekil III'teki devreyi kurunuz. Anahtar açıkken bataryanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz.

• Anahtarı kapatınız, bu durumda devreden geçen akım şiddetini ve bataryanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz.

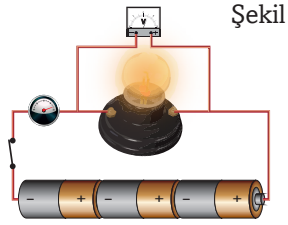
Şekil I



Şekil II



Şekil III



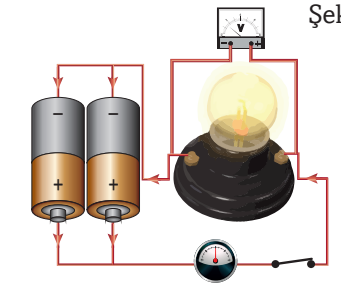
II. Aşama

• Aynı araç ve gereçleri kullanarak iki pilin paralel bağlandığı Şekil IV'teki devreyi kurunuz. Anahtar açıkken paralel bağlanmış pillerin önce ayrı ayrı, sonra da oluşturdukları bataryanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz.

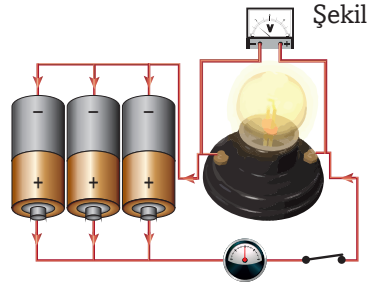
• Anahtarı kapatınız. Ana koldan geçen akım şiddetini ve paralel bağlanmış pillerin önce ayrı ayrı, sonra da oluşturdukları bataryanın uçları arasındaki potansiyel farkını ölçünüz.

• Son olarak üç pilin paralel bağlandığı Şekil V'teki devreyi kurunuz ve iki pilin paralel bağlanmasında yaptığınız işlemleri burada tekrar ediniz.

Şekil IV



Şekil V



Soruları Cevaplayınız

• Seri bağlanan devreden akımın geçtiği durumlarda voltmetrenin gösterdiği değer ile anahtarın açık olduğu durumlarda voltmetrenin gösterdiği değerler arasında bir fark gözlemlendi mi? Açıklayınız.

• Kapalı bir devrede seri bağlanan pil sayısı arttıkça ampermetrenin gösterdiği değer arttı mı? Açıklayınız.

• Paralel bağlanan devreden akımın geçtiği durumlarda voltmetrenin gösterdiği değer ile anahtarın açık olduğu durumlarda voltmetrenin gösterdiği değerler arasında bir fark gözlemlendi mi? Açıklayınız.

• Kapalı bir devrede paralel bağlanan pil sayısı arttıkça ampermetrenin gösterdiği değer arttı mı?

• Pillerin seri ve paralel bağlanmasında devreden geçen akım değerlerini göz önüne alarak hangi tür bağlamada pillerin devreye daha uzun süre akım sağlayacağını tahmin ediniz.

• 1,5 V'luk iki pilin aynı isimli (pozitif-pozitif ya da negatif-negatif) kutupları birbirine değecek şekilde ters bağlandığında ampul üzerinden akımın geçip geçmeyeceğini tartışınız.

Görsel 1.31: *Piller birer elektromotor kuvvet kaynağıdır.*

Şimdiye kadar yapılan incelemelerde üreteçlerin iç dirençlerinin olmadığını varsaydınız. Ancak bu etkinlikte pilin kutupları arasındaki potansiyel farkını, pil devreye bağlı değilken farklı, devreye akım sağlarken farklı ölçtünüz. Pilin devrede oluşturduğu akım aynı zamanda üreteç üzerinden de geçer. Bu durumda pilin kutupları arasındaki potansiyel farkında bir miktar azalma meydana gelir. Bu azalmanın sebebi pilin iç direncidir. Çünkü pil tarafından üretilen enerjinin bir kısmı iç dirençten dolayı ısıya dönüşür.

Pil ve akümülatörler kimyasal enerjiyi, güneş pili ışık enerjisini, dinamolar ise mekanik enerjiyi elektriksel enerjiye dönüştürür. Elektrik devrelerine enerji sağlayan bu farklı kaynaklara **elektromotor kuvvet (emk) kaynağı** denir ***(Görsel 1.31)***. "Elektromotor kuvvet" kavramında "kuvvet" kelimesinin yer alması bunun mekanik kuvvetle ilgili olduğu anlamına gelmez. Elektromotor kuvvet (emk) kaynakları devrenin güç kaynakları olup görevleri akımın oluşmasını sağlayacak potansiyel farkını üretmektir.

Elektromotor kuvvet kaynaklarının oluşturdukları potansiyel farkı ε (epsilon) ile gösterilir. Birimi SI'da volt (V) ya da J/C'dur. Bazen emk yerine hatalı biçimde voltaj (gerilim) kavramı kullanılır. Hâlbuki emk, açık yani üzerinden akım geçmeyen bir devrede üretecin iki kutbu arasındaki maksimum potansiyel farkı ifade eder (emk'ye açık devre voltajı da denir.) ve potansiyel farkının sebebidir. Voltaj ise kapalı bir devrede emk kaynağının iki kutbu arasındaki potansiyel farkını belirtmek için kullanılır.

Üreteçlerin Seri Bağlanması

Bir devrede emk kaynağı olarak kullanılan pil ve akümülatör gibi araçlar, yapımlarında kullanılan elektrolit malzemelerden ve içlerinde oluşan kimyasal tepkimelerden dolayı akımın geçişine bir direnç gösterirler. Bu dirence iç direnç (r) denir. ***Görsel 1.32.a***'da daha önce gördüğünüz bir devre verilmiştir. Bu devrenin ***Görsel 1.32.b***'deki şematik gösteriminde pilin, kesikli bir çizgi ile çevrelenmiş iki sembolle temsil edildiğine dikkat ediniz. Bu gösterim, iç direnci sıfır olmayan (r) bir emk kaynağını temsil eder. Verilen gösterim pratikte $\overset{+}{\underset{r}{\dashv}}\!\!\underset{\varepsilon}{\vdash}\!\!\overset{-}{}$ şeklinde sembolize edilir. Eğer emk kaynağının iç direnci ihmal edilebilecek kadar küçük ise söz konusu üreteç ideal emk kaynağı olur ve "$\overset{+}{\dashv}\!\!\underset{\varepsilon}{\vdash}\!\!\overset{-}{}$" sembolü ile gösterilir ***(Görsel 1.32.c)***. İç direnci ihmal edilmeyen bir pilin bağlı olduğu elektrik devresinden akımın geçmesiyle pilin üzerinde bir potansiyel düşüşü meydana gelir. Pilin uçları arasındaki potansiyel farkı pilin emk'sinden bu potansiyel düşüşü kadar küçüktür. Dolayısıyla, bir pilin uçları arasındaki potansiyel farkı kapalı devrede her zaman kendi emk'sinden küçük ölçülür.

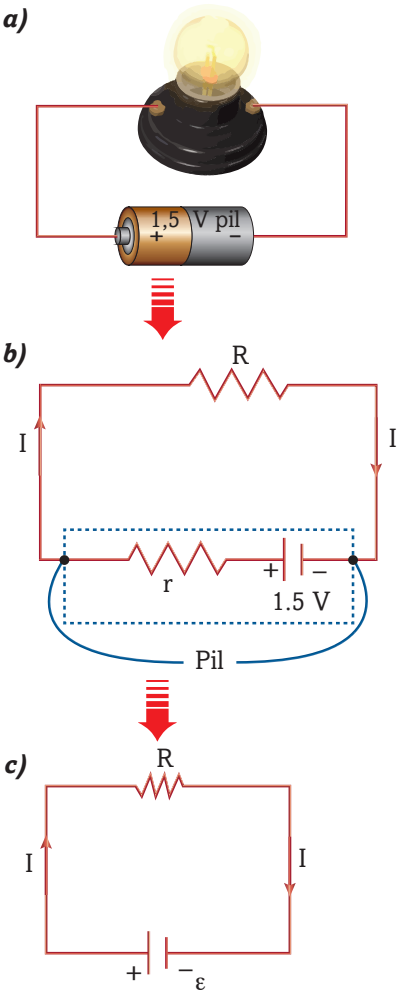
Yeni bir pilin emk'si ile kullanılmış bir pilin emk'si arasında pek fazla bir fark gözlenmez. Ancak kullanım süresine bağlı olarak pilin iç direncinde önemli ölçüde (100 ohm ya da daha fazla) bir artış meydana gelir. Pilin iç direncindeki bu artışa paralel olarak devreye sağladığı akım değeri azalır. Seri bağlanmış pillerde genel performans serideki en zayıf pil kadar olacağından kullanılmış eski bir pil yenileri ile bir arada kullanılmamalıdır.

Bu bölümde üreteçlerin iç direnci sıfır kabul edilerek devreler üzerinde incelemeler yapılacaktır. Dolayısıyla iç direnci önemsiz ve elektromotor kuvveti ε olan bir pilin üzerinden akım geçtiğinde uçları arasındaki potansiyel farkı; $V = \varepsilon$, akım şiddeti $I = \dfrac{\varepsilon}{R}$ olur.

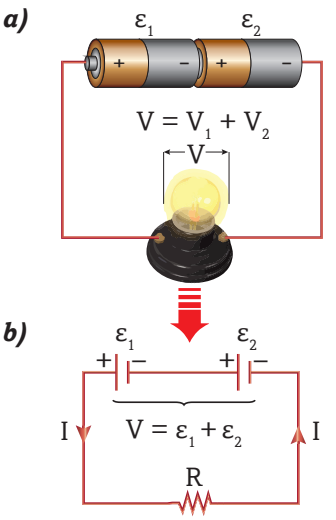
Elektromotor kuvvetleri ε_1 ve ε_2 olan seri bağlı iki pilin ***(Görsel 1.33)*** üzerinden akım geçtiğinde bataryanın uçları arasındaki potansiyel farkı $V = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$ yazılır.

Devrenin toplam emk'si $V = \varepsilon_T = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$ olur.

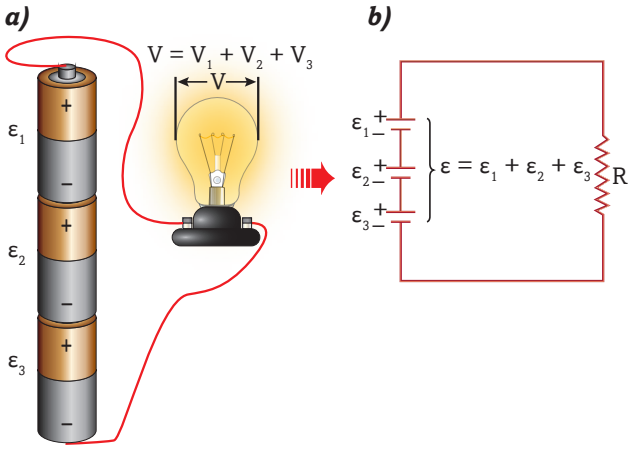
Devrenin eşdeğer direnci $R_{eş} = R$, devreden geçen akım şiddeti $I = \dfrac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R}$ bulunur.



Görsel 1.32: a) *Ampul, iletken tel ve pilden oluşan elektrik devresi* ***b)*** *Aynı devrenin şeması* ***c)*** *İç direnci sıfır olan emk kaynağının bulunuğu devre şeması*



Görsel 1.33: a) *Seri bağlı iki pilden oluşan elektrik devresi* ***b)*** *Aynı devrenin şeması*



Görsel 1.34: a) *Seri bağlı üç pil* ***b)*** *Seri bağlı üç pilin şematik gösterimi*

Eğer üç pilin bulunduğu bir devre varsa ***(Görsel 1.34)*** bu durumda devreden akım geçtiğinde bataryanın uçları arasındaki potansiyel farkı,

$V = \varepsilon_T = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$ yazılır.

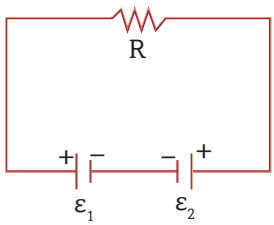
Devrenin eşdeğer direnci $R_{eş} = R$, devreden geçen akım şiddeti $I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{R}$ olur.

Bu ifade seri bağlanmış daha fazla pilden oluşan batarya için genellenirse,

$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + ... + \varepsilon_n}{R}$ yazılır.

Aynı ifade üreteçlerin özdeş olması hâlinde

$I = \frac{n \cdot \varepsilon}{R}$ biçimine dönüşür. (n: seri bağlı pil sayısıdır.)



Görsel 1.35: *Ters bağlanmış emk kaynakları*

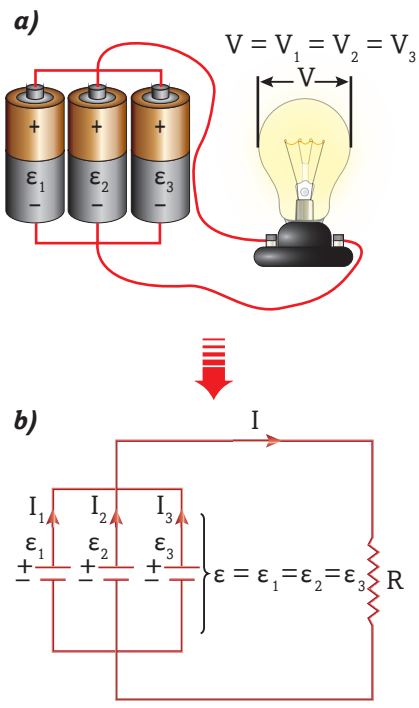
Üreteçlerin aynı kutuplarının ***Görsel 1.35***'teki gibi birbirine bağlanması hâlinde ters bağlama yapılmış olur. Ters bağlamada pillerin emk'leri birbirini yok edici ya da azaltıcı etki yapar. Eğer ters bağlı iki üreteç özdeş ise toplam emk sıfır olur.

$\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ ise devreye sağlanan akım $I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R}$

$\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ ise devreye sağlanan akım $I = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{R}$ şeklinde hesaplanır.

Üreteçlerin Paralel Bağlanması

Birden fazla üretecin pozitif (+) ve negatif (-) kutuplarının kendi aralarında birbirine bağlanmasıyla oluşur. Üreteçler paralel bağlanacaksa emk'leri eşit olmalıdır. emk'leri eşit olmayan üreteçler paralel bağlandığında dış direnç (R) üzerinden geçmesi gereken akım, emk'si küçük olan üretecin bulunduğu ara koldan geçerek kısa devreye yol açarken emk'si büyük olan üretecin de boşalmasına sebep olur.



Görsel 1.36: a) *Paralel bağlı üç pil* ***b)*** *Paralel bağlı üç pilin şematik gösterimi*

Görsel 1.36'da üç özdeş pilin paralel bağlandığı bir devre verilmiştir. Devredeki pillerin her birinin sağladığı akım aynı olup bu akımların toplamı ana kol akımını meydana getirir.

$I = I_1 + I_2 + I_3$ $\qquad I_1 = I_2 = I_3 = \frac{I}{3}$

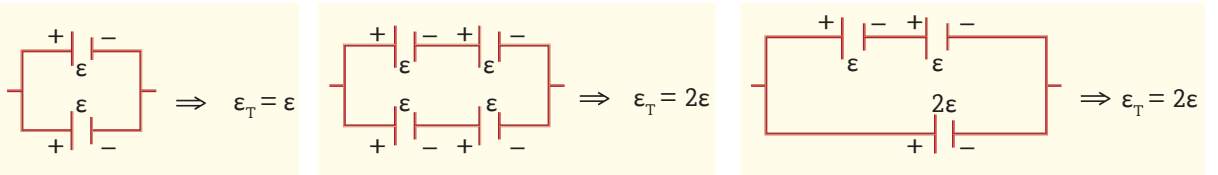
Üç özdeş pil paralel bağlandığında devrenin eşdeğer direnci $R_{eş} = R$ olur.

Devrenin toplam emk'si ise herhangi bir pilin emk'sine eşittir. Bu sebeple $V = \varepsilon_T = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon$ yazılır.

Ohm Kanunu'na göre devreden geçen akım, $I = \frac{\varepsilon}{R}$ bulunur.

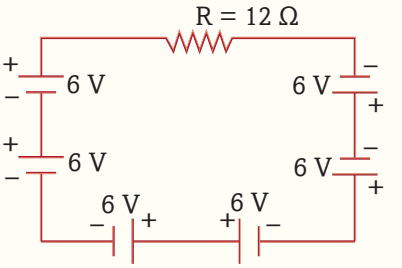
Bir devrede hem seri hem de paralel bağlanmış üreteçler bulunabilir. Karışık bağlama olarak adlandırılan böyle devrelerde emk değerleri her bağlanma şekline ilişkin yukarıda anlatılan özellikler dikkate alına-

rak ayrı ayrı hesaplanır. Aşağıda farklı şekillerde bağlanmış üreteçler verilmiştir. Bu üreteçlerden sağlanan toplam emk değerlerini inceleyiniz.



ÖRNEK PROBLEM

emk'leri 6'şar volt olan üreteçlerin kullanıldığı yandaki elektrik devresinde 12 Ω'luk direnç üzerinden geçen akım şiddeti kaç A'dir?



ÇÖZÜM

$$\varepsilon_T = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4 + \varepsilon_5 + \varepsilon_6$$
$$= 6 + 6 + 6 - 6 + 6 + 6 = 24 \text{ V}$$

$$I = \frac{\varepsilon_T}{R} \Rightarrow I = \frac{24}{12} = 2 \text{ A} \text{ bulunur.}$$

Galvani ve Volta'nın Üreteçler Hakkındaki Görüşleri

Pilin keşfine yol açan olaylar sadece önemli bir keşfin yapılmasını değil aynı zamanda ünlü bir bilimsel tartışmanın da fitilini ateşlemiştir. Anatomist ve fizyolog olan Luigi Galvani (Luici Galvani, 1737-1798), cansız bir kurbağanın bacak kaslarının statik elektrikle ilgili olan kasılması üzerine bazı deneyler yapıyordu. Bu deneylerde kurbağa bacaklarına saplanan farklı metaller, bacak kaslarında kasılmalara yol açıyordu. Galvani, kasılmalara sebep olan elektrik yüklerinin kaynağının kas veya sinirler olduğuna ve metallerin bu yükleri sadece uygun noktalara ilettiğine inanıyordu. Bu sebeple Galvani 1791'de yayımladığı çalışmasında söz konusu yüklere "hayvansal elektrik" adını vermişti. Ancak yıllardan beri elektriğin bütün yönleriyle ilgilenen Alessandro Volta (Alesandro Volta, 1745-1827), Galvani'nin "hayvansal elektrik" fikrine bilimsel olmadığını düşünerek kuşkuyla yaklaşıyordu. Volta kurbağa bacağındaki kasılmaların sırrını çözmek için bir dizi deney yaptı. Deney sonuçlarına göre bu olay, kurbağanın kasları gibi nemli ortamlardaki tuzlu ve asitli yapının iletkenliğinin farklı metal çubuklar (elektrotlar) arasında etkin hâle gelmesinden kaynaklanıyordu.

Görsel 1.37: *Volta yaptığı çalışmayı Galvani ve diğer bilim insanlarına açıklıyor.*

Volta, Galvani ve diğer bilim insanlarını ikna etmek için araştırmalar yapıyordu ***(Görsel 1.37)***. Volta'nın araştırmalarıyla, metallerin bazı kombinasyonlarının diğerlerinden daha büyük bir elektriksel etki meydana getirdiği belirlenmiş, yapılan ölçümler kullanılarak metal çiftlerinin elektriksel etkililik sırasına göre bir de liste oluşturulmuştu (Triboelektrik seri denen bu liste günümüzde de kullanılmaktadır.).

https://backyardbrains.com/experiments/Galvani_Volta *(Yazar tarafından düzenlenmiştir.)*

Araştırınız

Üretecin icadı üzerine deneyler yapan bilim insanlarından Galvani ve Volta'nın bakış açıları arasındaki farkları araştırınız. Edindiğiniz bilgileri kullanarak bu bilim insanlarının görüşleri arasındaki farkları tartışınız. Kimin haklı olduğu hususunda bir sonuca varmaya çalışınız.

Üreteçlerin Ömrü (Tükenme Süresi)

Bir elektrik devresinde farklı değerlerde emk'e ya da daha uzun süreli akıma ihtiyaç olabilmektedir. Üreteçlerden ihtiyaca göre emk elde etmek ya da devreye daha uzun süre akım sağlamak için genellikle piller kendi aralarında seri ya da paralel bağlanır. Peki, üreteçler kendi aralarında nasıl bağlanırsa devreden daha uzun süreli akım çekilir? Bir devredeki üretecin tükenme süresi üreteçten çekilen akım şiddetiyle nasıl ilişkilidir?

ETKİNLİK 1.4

Pillerin Devreye Akım Verme Süreleri

Araç ve Gereçler

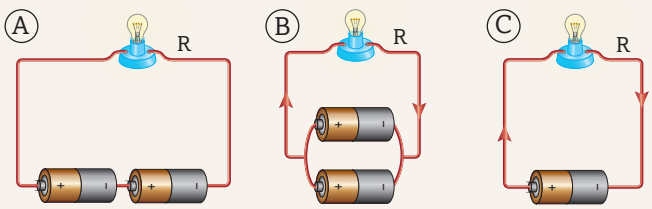
- 5 adet 1,5 V'luk pil
- kronometre
- 3 adet el feneri ampulü (2,5 V'luk)
- izole bant
- 3 adet anahtar
- bağlantı kabloları

Etkinliğin Amacı

Pillerin bağlanma şekillerinin tükenme sürelerine etkisini araştırmak

Bunları Yapınız

- Etkinlik için verilen araç ve gereçleri kullanarak A, B ve C devrelerini kurunuz.
- Devrelerin anahtarlarını aynı anda kapatarak her bir devredeki ampulün ışık verme süresini (pillerin tükenme sürelerini) kronometreyle ölçünüz. Ölçümlerinizi defterinize kaydediniz.



Soruları Cevaplayınız

- A, B ve C devrelerindeki ampullerin ışık verme dolayısıyla pillerin tükenme süreleri hakkında nasıl bir sonuca ulaştınız? Hangi devredeki ampul en kısa sürede söndü? Buna göre pillerin tükenme süresi ile bağlanma şekli arasında nasıl bir ilişki vardır?
- Pillerin tükenme sürelerinin birbirinden farklı olmasını nasıl açıklarsınız?

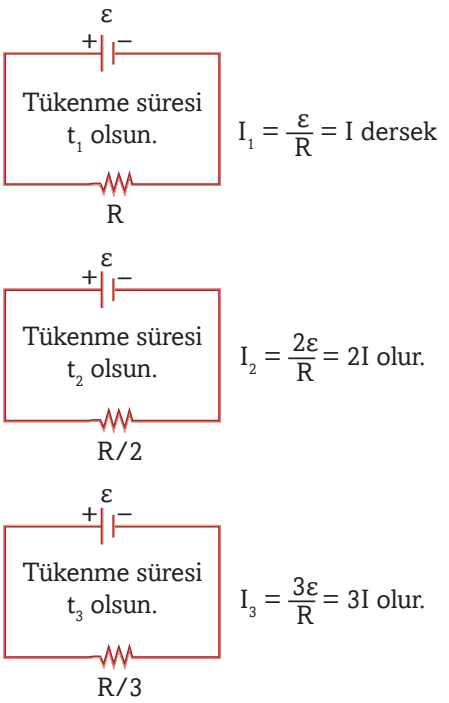
Piller hiç yoktan enerji üretemez, sadece kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Bu sebeple pilin devreye sağlayabileceği enerji miktarı sabittir. Pil üzerinden akım çekilirken pilin yapısında enerji dönüşümü gerçekleştikçe sıcaklığındaki yükselmeye paralel olarak iç direnci artar. Devrede akım oluşturamaz hâle geldiğinde ise ömrünü tamamlanmış olur. Pillerin yük miktarını ifade eden ampersaat birimi cinsinden ömürleri vardır. Örneğin ömrü 90 ampersaat olan pil; üzerinden 1A'lik akımın 90 saat, 2 A'lik akımın 45 saat ya da 3 A'lik akımın 30 saat çekilmesiyle bitecek demektir. Pilden çok akım çekildiğinde ömrü az, az akım çekildiğinde ömrü çok olur. Yani üretecin tükenme süresi, üreteçten çekilen akımla ters orantılıdır.

Pillerin tükenme sürelerini sayısal olarak net biçimde hesaplamak; üretecin boyutları, yapısında bulunan maddelerin cinsi ve üretecin oluşturduğu akım şiddeti gibi farklı değişkenlerden dolayı oldukça karmaşıktır. Bu sebeple üreteçlerin tükenme sürelerini bazı kabuller yaparak karşılaştırmak daha akılcıdır. Karşılaştırma, pilin tükenme süresinin akımla ters orantılı olduğu göz önüne alınarak yapılır. Örneğin iç dirençleri önemsiz özdeş piller R, $\frac{R}{2}$ ve $\frac{R}{3}$ dirençlerinin uçlarına bağlanmış olsun ***(Görsel 1.38)***. Tükeninceye kadar üzerlerinden geçen akımın sabit kabul edildiği bu devrelerdeki üreteçlerin tükenme süreleri olan t_1, t_2 ve t_3 ;

$I_1 \cdot t_1 = I_2 \cdot t_2$ ve $I_2 \cdot t_2 = I_3 \cdot t_3$ ifadelerine göre karşılaştırılır.

$I \cdot t_1 = 2I \cdot t_2$ ve $2I \cdot t_2 = 3I \cdot t_3$ olduğundan $t_1 > t_2 > t_3$ sıralaması yapılır. Bu durumda aynı pile bağlı olan direnç değeri küçüldükçe pil üzerinden çekilen akım artacağından pilin tükenme süresi kısalır.

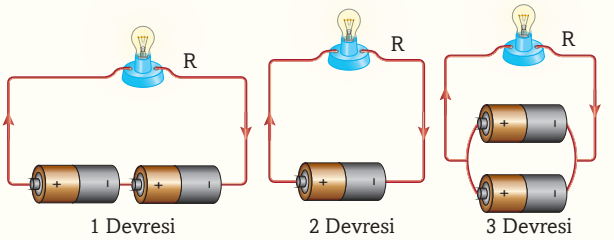
Peki devredeki direnç değeri sabit kalmak kaydıyla pil sayısının ve bağlanma biçimlerinin farklı olması tükenme süresini nasıl etkiler? Bu sorunun cevabını aşağıdaki örnek problem üzerinden verelim.



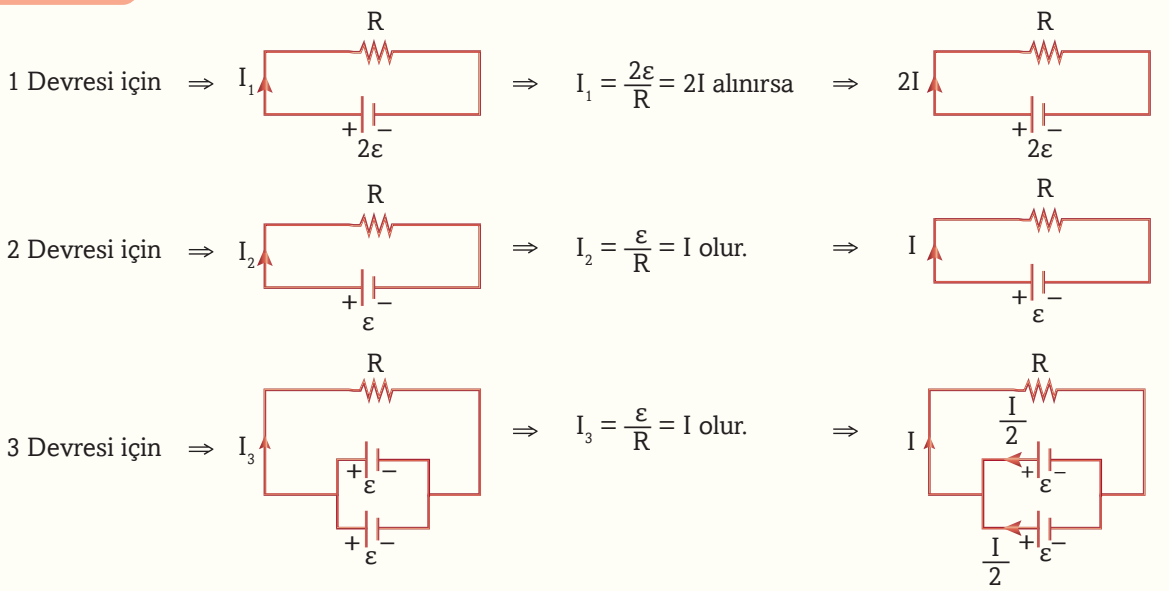
Görsel 1.38: *Pillerin tükenme süreleri üzerlerinden çekilen akım ile ters orantılıdır.*

ÖRNEK PROBLEM

İç dirençleri önemsiz özdeş pillerle kurulan devrelerdeki ampullerin dirençleri R'dir. Buna göre devrelerdeki ampullerin t_1, t_2 ve t_3 ile gösterilen tükenme süreleri arasındaki ilişki nedir?



ÇÖZÜM Piller üzerinden geçen akımlar;



$I_3 = I$ değerinin yarısı üstteki, diğer yarısı da alttaki üreteçten geçtiğinden

$I_1 \cdot t_1 = I_2 \cdot t_2$ ve $I_2 \cdot t_2 = I_3 \cdot t_3$ eşitliklerine göre seri bağlı iki pilden oluşan 1 Devresi'nde piller t sürede akım veremez hâle gelirse, tek pil ile beslenen 2 Devresi'ndeki pilin tükenme süresi 2t, paralel bağlı iki üreteçten oluşan 3 Devresi'ndeki pillerin tükenme süresi ise 4t olur. Yani $t_3 > t_2 > t_1$'dir.

Görüldüğü gibi bir devrede ampulün uçlarına özdeş piller seri bağlandığında yüksek akım, paralel bağlandığında ise düşük akım oluşur. Bu sebeple seri bağlı piller paralel bağlı pillere göre daha çabuk tükenir.

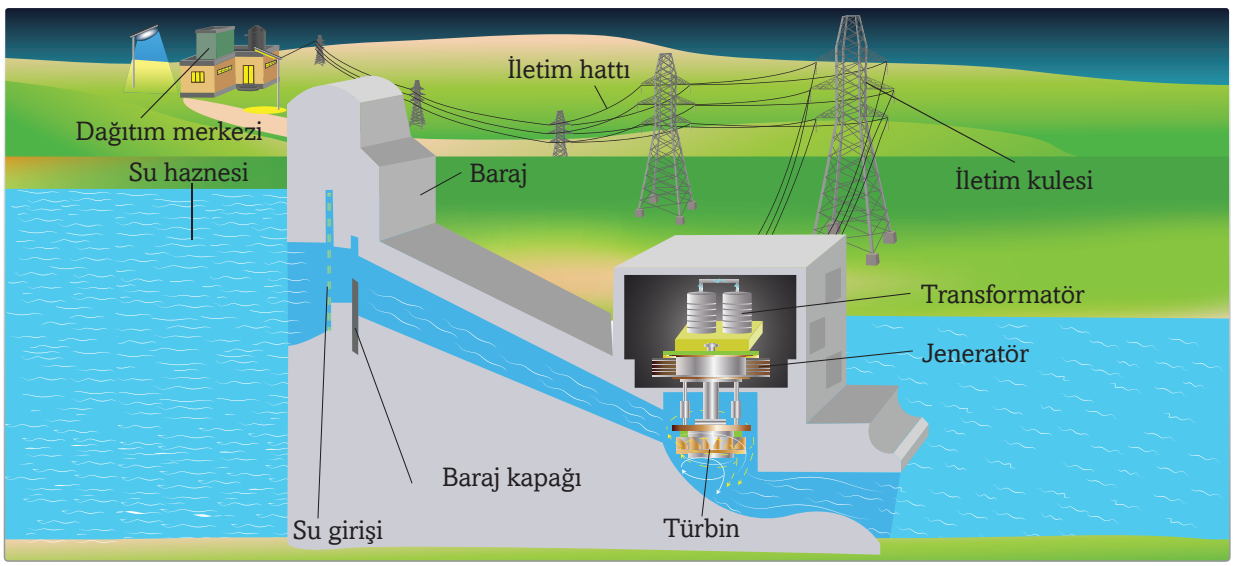
Elektrik Devrelerinde Enerji ve Güç

Görsel 1.39: *Kule vinçler*

Büyük binalar yapılırken ***Görsel 1.39***'daki gibi kule vinçler kullanılır. Bu vinçlerde elektrik motoru iş yapar. Motor çalıştığında yük hareket kazanırken yükseldiği için elektriksel enerji mekanik enerjiye dönüşür. Bu sırada yük üzerinde iş yapılmış olur. Vantilatör, mikser, çamaşır makinesi, elektrikli süpürge, saç kurutma makinesi vb. birçok cihaz da elektrik enerjisini farklı amaçlar için hareket enerjine dönüştürür.

Peki elektrik enerjisinin kaynağı nedir?

Evlerde ve iş yerlerinde kullanılan elektrik enerjisi bir dizi dönüşüm sürecinden sonra evlerinize ulaşır. Örneğin hidroelektrik santraller, barajda biriken suyun potansiyel enerjisini kullanır. Su yüksekten bırakılınca suyun potansiyel enerjisi kinetik enerjiye dönüşür. Hızla akan su türbinlerin pervanelerine çarparak pervanelerin dönmesini sağlar. Bu sırada türbine bağlı jeneratörler dönerek elektrik enerjisi üretilir. Elektrik enerjisi yüksek gerilim hatlarıyla yerleşim birimlerine ulaştırılır. Buralara kurulan transformatör (trafo) denilen merkezlerden evlere ve iş yerlerine dağıtılır ***(Görsel 1.40)***. Evlerde ve iş yerlerinde ise ihtiyaca göre farklı enerji türlerine dönüştürülür.



Görsel 1.40: *Hidroelektrik güç santrallerinde elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı*

Termik santrallere gelince bu santraller kömür, doğal gaz ve petrol gibi farklı yakıtlardaki kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü merkezlerdir. Yakıtların yanmasıyla yüksek basınçlı buhar elde edilir. Buhar türbinlere gönderilerek türbinlerin dönmesi sağlanır. Türbinlerin dönmesiyle jeneratörden elektrik enerjisi elde edilir.

Elektrik devrelerinde oluşan elektrik akımıyla elektrik enerjisi ısı, ışık, ses ve mekanik enerji gibi türlere dönüşmek üzere kurutma makinesi, ampul, MP3 çalar ve tıraş makinesi gibi cihazlara taşınmış olur. Pil, akümülatör veya jeneratör gibi bir kaynağın ***Görsel 1.41***'de görüldüğü gibi pozitif (+) kutbu elektrikli cihazın bir ucuna, negatif (–) kutbu da öteki ucuna bağlandığında cihazın uçları arasında sabit ve sürekli bir potansiyel farkı oluşur. A ve B ile gösterilen bu noktalardan pilin pozitif kutbuna bağlı bulunan A noktası daha yüksek potansiyeldedir. Δq ile temsil edilen küçük bir yük, yüksek potansiyelli A noktasından düşük potansiyelli B noktasına doğru hareket ettiğinde elektriksel potansiyel enerjisi azalır. Enerjideki bu azalma miktarı aynı zamanda, Δq kadar yükün R dirençli elektrikli cihaz üzerinden geçerken elektriksel kuvvetlerin yaptığı işe eşittir.

Bu iş $W = \Delta E = (\Delta q) \cdot V$ ifadesi ile belirtilir.

$\Delta q = I \cdot t$ olduğundan $W = V \cdot I \cdot t$ yazılır. Burada $V = I \cdot R$ değeri yerine yazılırsa

$W = I^2 \cdot R \cdot t$ elde edilir. Aynı ifadede $I = \frac{V}{R}$ yerine yazılırsa

$$W = \frac{V^2}{R} \cdot t$$ bağıntısına ulaşılır.

SI'da enerjinin birimi "joule"dür (J).

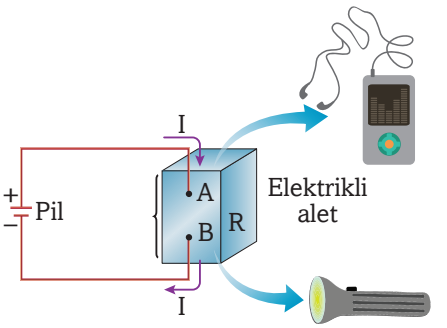
9. sınıfta mekanik enerji ve mekanik güç kavramlarını öğrenmiştiniz. Bu iki kavram arasındaki ilişkiyi şöyle açıklayabiliriz:

10 adet özdeş fıçının bir platformun üzerine çıkarılacağını düşününüz. Bunu yapacak iki işçi, işin daha çabuk bitmesi için fıçıları 5'erli iki gruba ayırarak iş bölümü yapsınlar. İşçilerden biri payına düşen fıçıları rampadan yuvarlayarak platform üzerine çıkarırken diğeri kollarında taşıyarak platform üzerine yığsın ***(Görsel 1.42)***. Fıçıları kollarında taşıyan işçi bu işi 5 dakikada yaparken diğeri 10 dakikada yapmış olsun. Bu durumda her iki işçi eşit iş yapmış, dolayısıyla aynı enerjiyi harcamış olur. Ancak aynı işi biri diğerinden daha kısa sürede tamamladığından işçilerin güçleri aynı değildir. Fıçıları daha kısa sürede platformun üzerine yığan işçi diğerinden güçlüdür. Çünkü **güç**, birim zamanda yapılan iş miktarıdır. Bir cisim üzerinde iş yapmakla aynı zamanda o cisme bir enerji aktarmış olursunuz. Aynı durumu elektrik devrelerinde de görürsünüz.

Fizik İnteraktif

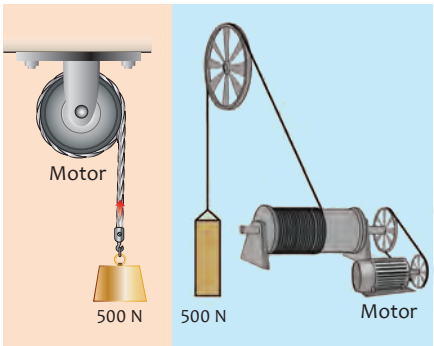
- https://www.eba.gov.tr/

Eba'ya giriş yaptıktan sonra "Hidroelektrik Santraller" aması yaparak bu başlığa sahip videoyu izleyiniz.



Görsel 1.41: *Devredeki akım, elektrikli cihazlara enerji aktarır.*

Görsel 1.42: *Aynı işi kısa sürede yapan daha güçlüdür.*



Görsel 1.43: *Güç, işin yapılma hızıdır. Aynı işi kısa sürede bitiren makine uzun sürede bitiren makineden güçlüdür.*

Elektrik yükü bir devre elemanından geçerken elektriksel potansiyel enerji kaybeder. Enerjinin korunumu ilkesine göre kaybedilen potansiyel enerji başka tür ya da türlere dönüşen enerji miktarına eşit olmalıdır.

Örneğin aktarılan enerji bir ampulde ışık enerjisi ve ısıya dönüşür. Yükün ampulde kaybettiği enerji üretece döndüğünde geri kazanılır. Enerjinin korunumu ile tutarlı olarak üretece dönen yükün potansiyel enerjisindeki artış, üreteçte depolanan kimyasal enerjiden karşılanır.

Bir elektrik devresinde birim zamanda harcanan ya da diğer enerji türlerine dönüşen elektrik enerjisine **elektriksel güç** denir. ***(Görsel 1.43)*** **P** ile gösterilen güç,

$$\text{Güç (P)} = \frac{\text{Yapılan iş (Harcanan enerji)}}{\text{Geçen zaman}} = \frac{\text{Enerjideki azalma}}{\text{Geçen zaman}}$$

$$= \frac{W}{\Delta t} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{(\Delta q)\cdot V}{\Delta t} = I \cdot V \text{ olur.}$$

Yani **Elektriksel Güç Denklemi $P = I \cdot V$**

denklemi bulunur.

Bu denklem, bir devre elemanı üzerinde birim zamanda başka enerji türlerine dönüşen ya da devre elemanı tarafından kaynaktan çekilen enerji miktarını ifade eder. Elektriksel gücün birimi SI'da watt'tır (vat) ve watt kısaca "W" sembol harfi ile gösterilir.

1 W = 1 amper · volt = $\frac{1\,J}{s}$ (1 saniyede 1 joule enerji harcayan elektrikli aracın gücü 1 W'tır.)

Watt birimi küçük bir birim olduğundan günlük hayatta bunun yerine daha çok kilowatt (kilovat) kullanılır. Kilowatt, kısaltılarak "kW" biçiminde gösterilir. (1kW = 1000 W).

Birçok elektrikli cihaz yeterli elektriksel güç sağlandığında temel olarak, direnç özelliğine sahiptir. Tost makineleri, ütüler, elektrikli ocaklar vb. Bu tür elektrikli cihazların $P = I \cdot V$ gücüne eşdeğer olan fakat R'yi ihtiva eden alternatif ifadeler kullanmak sonuca ulaşma bakımından daha pratik olmaktadır. Yani güç denklemi

$P = I \cdot V = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$ gibi farklı şekillerde de ifade edilir.

Günlük yaşamda kullanılan bazı elektrikli cihazların ambalajlarında yazılı elektriksel güç değerleri ***Tablo 1.2***'de verilmiştir. Bu güç değerlerine bakarak birim zamanda ne kadar enerji harcadıkları belirlenebilir. Örneğin gücü 1800 W olan bir bulaşık makinesi

Tablo 1.2: *Günlük Yaşamda Kullanılan Bazı Elektrikli Aletlerin Güç Değerleri*

Cihaz	Güç (watt)
Büyük boy buzdolabı	950
Çamaşır makinesi	800
Bulaşık makinesi	1800
Elektrik süpürgesi	1500
Ütü	2800
Saç kurutma makinesi	2000
Radyo	100
Mikrodalga fırın	1450
Büyük boy derin dondurucu	900
Televizyon	300
Saat	3

aynı sürede gücü 900 W olan derin dondurucunun iki katı elektrik enerjisi harcar. Sizler tükettiğiniz enerjinin karşılığını elektrik şirketlerine ödersiniz. Evlerde ve iş yerlerinde tüketilen elektrik enerjisi, ***Görsel 1.44***'te fotoğrafları verilen elektromekanik ya da elektronik sayaçlar ile ölçülür.

Elektriksel enerji (kW · h) =

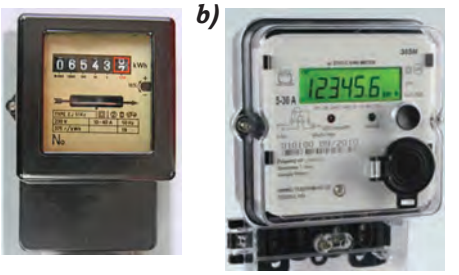
Elektriksel güç (kW) · Zaman (saat)

$$E = P \cdot t$$

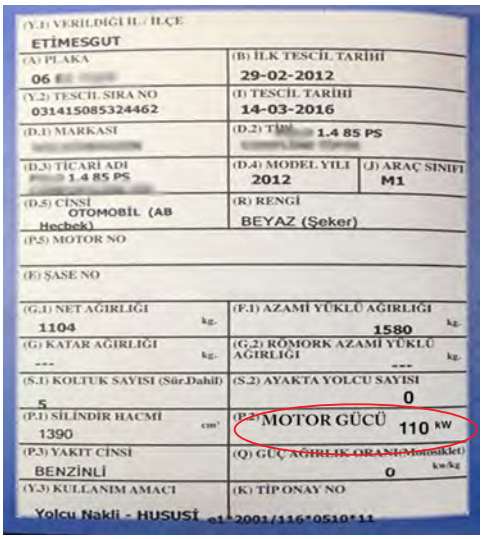
denklemi ile hesaplanır. Bu denkleme göre elektriksel gücün birimi kW, zamanın birimi ise saat cinsinden alınırsa elektriksel enerji birimi kW · h cinsinden hesaplanır. Bununla birlikte elektriksel güç watt (W), zaman saniye cinsinden alınırsa elektriksel enerji birimi Ws cinsinden elde edilebilir. Üzerinde 220 V- 40 W yazılmış bir ampul 220 V gerilim altında 1 s'de 40 J, 220 V- 60 W yazılmış bir ampul ise 60 J enerji tüketir.

Görsel 1.45'te verilen otomobil ruhsatında motor gücünün 110 kW olduğu yazıyor. Bu aracın gücünü 42. sayfada ***Tablo 1.2***'de verilen elektrikli cihazların güçleriyle karşılaştırarak zihninizde canlandırabilir, bir saniyede kaç J enerji harcayacağını, kaç J'lük iş yapacağını hesaplayabilirsiniz.

a) ***b)***



Görsel 1.44: *Tüketilen elektrik enerjisini ölçen* ***a)*** *Elekromekanik* ***b)*** *Elektronik sayaçlar*



Görsel 1.45: *Otomobil ruhsatı*

ÖRNEK PROBLEM

Bir evdeki fırının üzerinde 2000 W-220 V, ütünün üzerinde 2800 W-220 V ve saç kurutma makinesinin üzerinde 1500 W-220V yazmaktadır. Bu aletlerden fırın ve ütü günde 1'er saat, saç kurutma makinesi ise 15 dakika çalıştırılıyor. Buna göre elektrikli aletlerin bir günde harcadığı toplam enerji için ödenen para kaç TL olur (Elektrik enerjisinin kilowatt saati (kW · h) 500 kuruştur.)?

ÇÖZÜM

Gücü P olan bir cihaz t sürede W = P · t kadar enerji harcar. Buna göre

Fırın: $W_F = 2000 \cdot 1 = 2000$ W · h

Ütü: $W_Ü = 2800 \cdot 1 = 2800$ W · h

Saç kurutma makinesi: $W_{SM} = 1500 \cdot \frac{1}{4} = 375$ W · h enerji harcar.

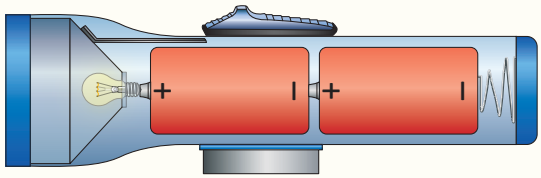
Bir günde tüketilen toplam enerji ($W_T = W_F + W_Ü + W_{SM}$)

$W_T = 2000 + 2800 + 375 = 5175$ W · h = 5,175 kW · h olur. Bu enerjinin ederi

5,175 · 500 = 2587,5 kr = 25,875 TL olarak hesaplanır.

ÖRNEK PROBLEM

Yanda şekli verilen el fenerinde ampul, her biri 1,5 V'luk olan seri bağlı iki pil tarafından beslenmektedir. Ampul üzerinden geçen akım şiddeti 0,4 A olduğuna göre;



a) ampule aktarılan gücü,

b) 5,5 dakikalık çalışma süresinde ampulde harcanan elektrik enerjisini bulunuz.

ÇÖZÜM

a) Ampule aktarılan güç, akım ve voltaja bağlıdır. $V = 1,5 + 1,5 = 3$ V

$P = I \cdot V = 0,4 \cdot 3 = 1,2$ W

b) Tüketilen enerji güç ve zamana bağlıdır.

5,5 dak. = 330 s

$E = P \cdot \Delta t = 1,2 \cdot 330 = 396$ J

ÖRNEK PROBLEM

Bir elektrikli su ısıtıcısının direnci 110 Ω ve ısıtıcıdan geçen akım şiddeti 2 A olduğuna göre;

a) Elektrikli ısıtıcının gücü kaç W'tır?

b) Isıtıcı 20 dakikada kaç kilojoule enerji harcar?

ÇÖZÜM

a) $P = I^2 \cdot R$

$P = 2^2 \cdot 110 = 4 \cdot 110 = 440$ W

b) $P = \frac{E}{\Delta t}$

$E = P \cdot \Delta t$ (Dakika saniyeye çevirilir. $\Delta t = 20$ dakika $= 20 \cdot 60$ saniye $= 1200$ s)

$E = 440 \cdot 1200 = 528\,000$J $= 528$ kJ

ALIŞTIRMA

Üzerinde 100W-220V yazan bir ampul 120 V gerilim kaynağına bağlanırsa gücü kaç W olur?

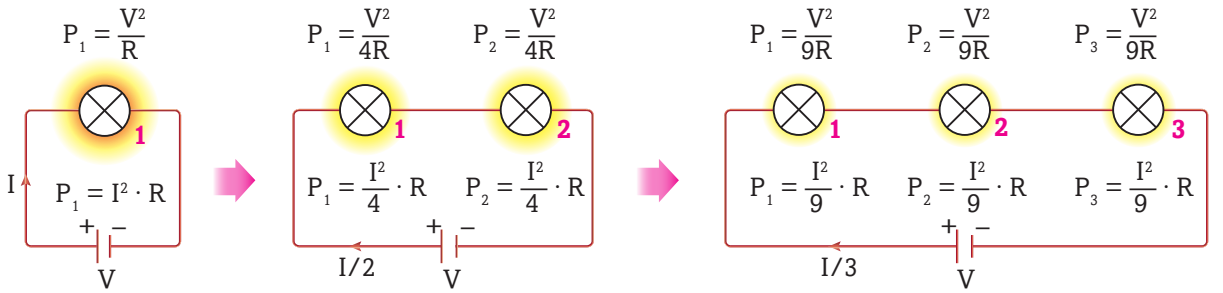
Ampullerin Parlaklığı

Bir devredeki ampullerin parlaklığı güçleri ile doğru orantılıdır. $P = I \cdot V$ ile verilen güç bağıntısı her devre elamanı için kullanılabilir. Ancak $P = I^2 \cdot R$ ya da $P = \frac{V^2}{R}$ eşitlikleri dirençli devre elemanlarının gücünü hesaplamak için daha elverişlidir. ***Görsel 1.46***'da görüldüğü gibi potansiyel farkı V olan bir üretece önce bir, sonra iki ve son olarak da üç özdeş ampul seri bağlanmış olsun. Kurulan devrelerin ilkinde ampulün uçları arasındaki potansiyel farkı pilin gerilimine eşit

olup V'dir. İkincisinde pilin uçları arasındaki gerilim iki ampulün uçları arasında $\frac{V}{2}$ olarak eşit paylaşılır. Üçüncüsünde ise her ampulün uçları arasındaki gerilim değeri $\frac{V}{3}$ olur. Verilen devrelerdeki her bir ampule ait değerler $P = \frac{V^2}{R}$ formülünde yerine konulursa ampullerin sayısı arttıkça parlaklıklarının azaldığı görülür.

Fizik İnteraktif

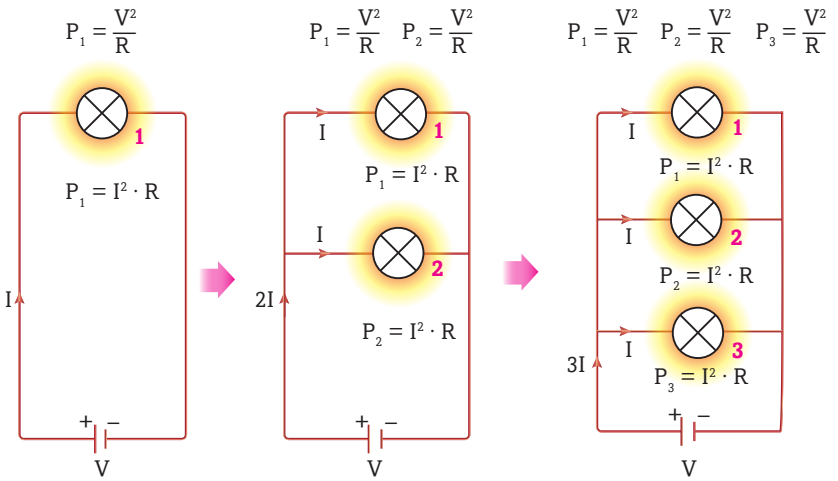
- https://bit.ly/392zeS1



Görsel 1.46: *Bir üretecin uçlarına seri bağlanan özdeş ampul sayısı arttıkça parlaklık azalır.*

Aynı sonuca $P = I^2 \cdot R$ formülü kullanılarak da ulaşılır. Bir devrede seri bağlanmış ampul sayısı arttıkça devrenin eşdeğer direncinin de artacağını biliyorsunuz. Ohm Kanunu'na ($V = I \cdot R$) göre akım şiddeti direnç ile ters orantılıdır. Bu durumda birinci devrenin akım şiddeti I kabul edilirse ikinci devrenin akım şiddeti $\frac{I}{2}$ ve üçüncü devrenin akım şiddeti $\frac{I}{3}$ bulunur. Verilen devrelerdeki her bir ampule ait değerler $P = I^2 \cdot R$ formülünde yerine konursa ampullerin sayısı arttıkça parlaklıklarının yine azaldığı görülür.

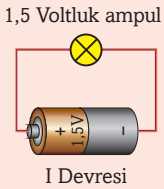
Aynı yaklaşımla paralel bağlı ampullerin parlaklıkları da karşılaştırılabilir. ***Görsel 1.47***'de her üç devrede özdeş ampullerin uçları arasındaki potansiyel farkı pilin uçları arasındaki potansiyel farkına eşittir. Bu durumda verilen devrelerdeki bütün ampuller için $P = \frac{V^2}{R}$ değerleri aynı olduğundan parlaklıkları da aynı olur.



Görsel 1.47: *Aynı pile paralel bağlı özdeş ampullerin parlaklıkları aynıdır.*

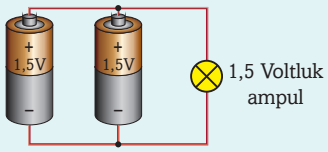
Aynı devrede, $P = I^2 \cdot R$ ifadesine göre sonuca ulaşmak istenirse, paralel kol sayısı arttıkça eş değer direnç azalır. Buna karşılık ana kol akımı aynı oranda artar. Bu durumda verilen devrelerdeki bütün ampuller için $P = I^2 \cdot R$ değerleri eşit olduğundan parlaklıkları da değişmemiş olur.

Aşağıda bir ampule değişik şekilde bağlanmış özdeş pillerden oluşan devreler farklı yönlerden birbiriyle karşılaştırılmıştır. İnceleyiniz.



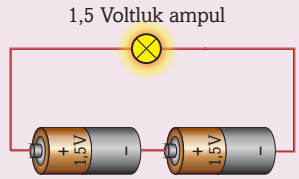
I Devresi

I Devresi'nde ampulün uçları arasındaki gerilim, pilin uçları arasındaki potansiyel farkına eşittir.



II Devresi

II Devresi'nde ampulün uçları arasındaki potansiyel farkı, paralel bağlı özdeş pillerin uçları arasındaki potansiyel farkına eşittir. Bu durumda I Devresi'ndeki aynı parlaklığa sahip ampul, iki kat daha uzun süre ışık yayar.

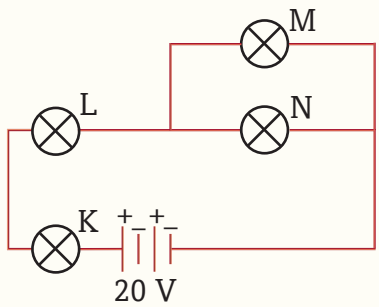


III Devresi

III Devresi'nde ampulün uçları arasındaki potansiyel farkı, seri bağlı pillerin uçları arasındaki potansiyel farkları toplamına eşittir. Bu sebeple I ve II devrelerindeki ampullere göre çok parlak ışık yayan ampulün teli yüksek akımından dolayı ısınarak erime sonucunda bir süre sonra kopabilir.

ÖRNEK PROBLEM

Yanda şeması verilen elektrik devresinde her birinin direnç değeri 2 Ω olan K, L, M ve N ampulleri verilmiştir. Devreyi besleyen üretecin gerilimi 20 V olduğuna göre ampullerin parlaklıklarını temsil eden güç değerlerini bulunuz.



ÇÖZÜM

$R_{eş} = 2 + 2 + \frac{2 \cdot 2}{2+2} = 5\ \Omega$

Devreden geçen akım şiddeti

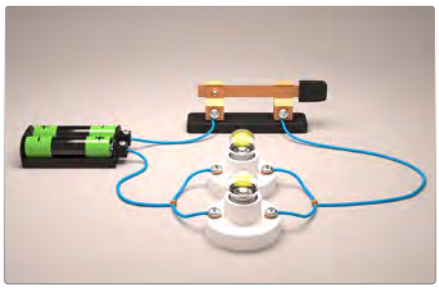
$I = \frac{V}{R} = \frac{20}{5} = 4\ A$ bulunur. Yani $I_K = I_L = 4\ A$

Paralel bağlı M ve N ampullerinden geçen akım şiddeti $I_M = I_N = 2\ A$ olur.

$P = I^2 \cdot R$ bağıntısına göre

$P_K = P_L = I^2 \cdot R = 4^2 \cdot 2 = 32\ W$ $\quad P_M = P_N = \frac{I^2}{4} \cdot R = \frac{16}{4} \cdot 2 = 4 \cdot 2 = 8\ W$

Görüldüğü gibi seri bağlı ampullerin gücü paralel bağlı ampullerin gücünün dört katı çıktı. Güç ile lamba parlaklığı doğru orantılıdır. Bu sebeple seri bağlı ampuller, paralel bağlı ampullere göre 4 kat daha parlak yanar.



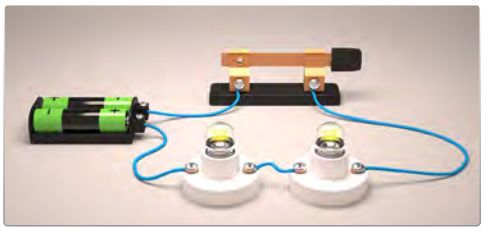
Görsel 1.48: *Paralel bağlı iki ampulden oluşan elektrik devresi*

$P = I^2 \cdot R$ eşitliğinde gücün direnç ile doğru orantılı, $P = \frac{V^2}{R}$ eşitliğinde ise ters orantılı olduğu görülüyor. Bu durum bir çelişki gibi görünse de aslında her iki ilişki de doğrudur. Bunu yukarıdaki açıklamalara ilave olarak şöyle de izah edebilirsiniz: Farklı iki ampulden oluşan bir devre düşününüz. Eğer bu ampuller paralel bağlı ise ***(Görsel 1.48)*** her birinin uçları arasındaki potansiyel farkı aynı olacağından ana kol akımı ampullerin dirençleriyle ters orantılı paylaşılacaktır. Bu durumda güç, direnç ile ters orantılı hâle gelir.

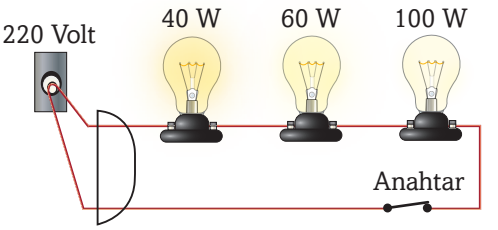
Farklı ampuller seri bağlandığında ***(Görsel 1.49)*** ise üzerlerinden geçen akım şiddeti eşit olurken ampullerin uçları arasındaki potansiyel farkları eşit olmayacaktır. Bu durumda güç, ampullerin direnciyle doğru orantılı hâle gelecektir.

Artık hem dirençlerin bağlanma şekillerini, hem de güç kavramını öğrendiğinize göre, sayfa 27'de verilen "Dirençlerin Bağlanması" bölümündeki 100 W, 60 W ve 40 W'lık ampullerin parlaklık sıralamasını sorgulayan soruyu cevaplayabilirsiniz. Evlerde kullanılan ampuller 220 V'luk gerilim altında çalışır. 40 W'lık ampulün direnci 60 W'lık ampulün direncinden, 60 W'lık ampulün direnci de 100 W'lık ampulün direncinden büyüktür. Seri bağlı ampullerin üzerlerinden aynı akım geçtiği hâlde, dirençlerin farklı olmasına bağlı olarak parlaklıkları da farklı olacaktır. Bu durumda direnci en büyük olan 40 W'lık ampul, seri bağlanma durumunda en parlak ışık yayar ***(Görsel 1.50)***.

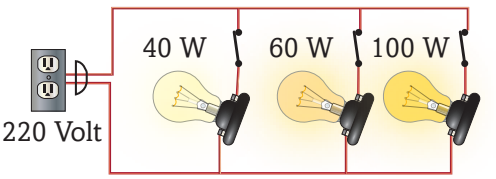
Aynı ampullerin paralel bağlanması durumunda ise ampuller eşit gerilimler altında çalıştığı hâlde direnci küçük olan 100 W'lık ampul üzerinden daha fazla elektrik akımının geçmesine bağlı olarak bu ampulün parlaklığı en fazla olacaktır ***(Görsel 1.51)***. Evlerdeki paralel bağlı ampullerden birinin anahtarı açıldığında ya da biri arızalandığında evin diğer bölümlerindeki ampuller ışık vermeyi sürdürür.



Görsel 1.49: *Seri bağlı iki ampulden oluşan elektrik devresi*



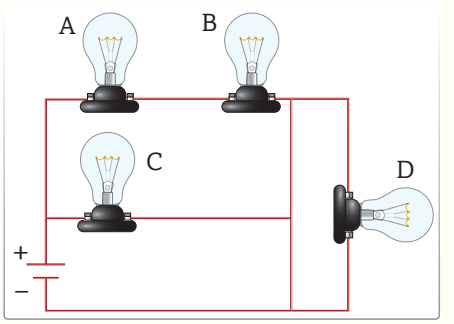
Görsel 1.50: *Seri bağlı 3 ampulden gücü küçük olan daha parlak ışık yayar.*



Görsel 1.51: *Paralel bağlı üç ampulden gücü büyük olan en parlak ışık verir.*

ÖRNEK PROBLEM

Yanda verilen elektrik devresindeki dört özdeş ampulün parlaklığını karşılaştırınız. Bu ampullerden A'nın duy denen yuvasından çıkarılması ya da filamanının eriyerek kopması hâlinde diğer ampullerin parlaklığı nasıl etkilenir? Benzer şekilde sırasıyla C ve D ampulleri yuvalarından çıkarılırsa diğer ampullerin parlaklıkları nasıl değişir?

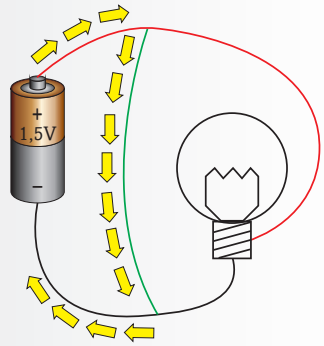


ÇÖZÜM

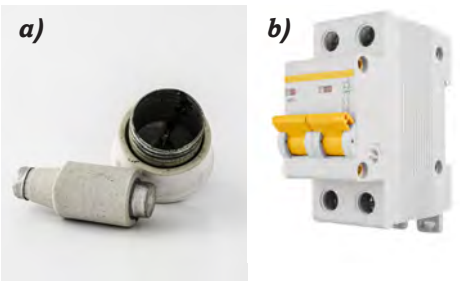
A ve B ampulleri kendi aralarında seri ancak C ile birlikte bataryaya paralel bağlanmıştır. Bu, C ampulünün uçları arasındaki potansiyel farkının, pilin emk'si ile aynı büyüklüğe sahip olduğu anlamına gelir ($V_{Kaynak} = V_A + V_B = V_C$). Aynı emk değeri A ve B ampulleri arasında pay edilir. Sonuç olarak C ampulü, eşit parlaklığa sahip A ve B ampullerinden daha parlak ışık yayar. D ampulüne gelince bu ampulün iki ucu arasında bir düz tel vardır. Kısa devreden dolayı D ampulünün iki ucu arasındaki potansiyel farkı sıfır olup ışık yaymaz.

A ampulünün yüksek sıcaklıktan dolayı filamanı eriyerek koparsa A'ya seri bağlı B ampulü söner ancak C aynı parlaklıkta ışık yaymayı sürdürür. C ampulü yerinden çıkarılırsa diğer ampullerin parlaklığı bu durumdan etkilenmez. D ampulü başlangıçta da çalışmıyordu yeni durumda da çalışmaz. Bu yüzden diğer ampuller üzerindeki etkisi değişmemiş olur.

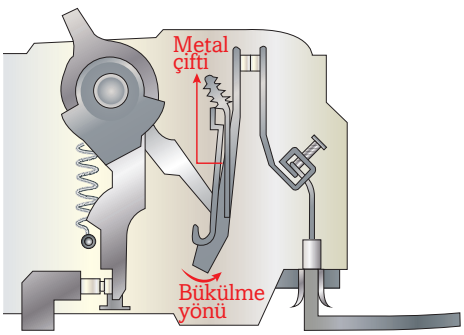
Bunları biliyor musunuz?



Kısa devre, ampul ya da ütü gibi bir elektrik enerjisi tüketicisinin iki ucunun iletken telle birleşmesi sonucu çalışamaz duruma gelmesidir. Kısa devrede elektrik akımı ampul yerine direnci düşük olan iletken teli tercih eder. Bu durumda aşırı akım nedeniyle üreteç kısa sürede tükenir, kablolar ve üreteç aşırı akım nedeniyle ısınır. Yüksek sıcaklıklarda iletken tel eriyerek kopar.



Görsel 1.52: a) *Eriyen telli sigorta* ***b)*** *Otomatik sigorta*



Görsel 1.53: *Devre kesicinin yapısı ve çalışması*

Elektrik Akımının Oluşturabileceği Tehlikeler

Günümüzde elektrik enerjisi ile çalışan yüzlerce teknolojik ürün sayabilirsiniz. Elektrik enerjisi ile iş yapan bu araçlara **almaç** denir. Ülkemizde kullanılan elektrik enerjisi konutlara yaklaşık 220 V'luk gerilim altında dağıtılır. Her almacın çalışabileceği gerilim aralığı üzerinde ya da ambalajında yazılıdır. Almaçlar bu değerlerden fazla bir gerilimle çalışırsa oluşan aşırı akımdan dolayı ısınarak sıcaklığı hızla yükselir.

Evlerde kullanılan ampul ve prizler birbirine paralel bağlıdır. Çalıştırılan her ilave cihaz, tesisatın eşdeğer direncini azaltır. Düşük direnç, akımın artmasına neden olur. Akımdaki artışlar, kablo yalıtım malzemesini eriterek kısa devreye neden olabilir. Hatta bir yangını başlatacak düzeyde sıcaklık yükselmesine de yol açabilir. Kablolardan geçen akımın çok yüksek olması ya da bir kısa devrenin oluşması gibi aşırı yüklenme durumlarında devre elemanlarının korunması gerekir. Bir elektrik devresinde, güvenlik önlemi olarak işlev gören önemli iki araç sigortalar ve devre kesicilerdir. Günümüzde büyük oranda otomatik sigortalar tercih edilmekle birlikte çok seyrek biçimde eriyen telli sigortalar da kullanılmaktadır. ***(Görsel 1.52.a ve Görsel 1.52.b)***. Eriyen telli sigorta, adından da anlaşılacağı gibi devreden yeterince büyük bir akım geçtiğinde erimek üzere tasarlanmış çok düşük dirençli bir tele sahiptir. Sigortada kullanılan telin kalınlığı, devrenin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlayacak akım değerine göre ayarlanır. Bu tür sigortaların eriyerek kopan telleri aynı özellikte olan yenileriyle değiştirilir. Otomatik sigortaların çalışması ise elektromekanik etkilerle gerçekleşir. Bu sigortalar yüksek akım oluştuğunda devre akımını otomatik olarak keser. Buna halk arasında **sigorta atması** denir. Otomatik sigortalar attıktan sonra yeniden kurulabilme avantajına sahiptir. Evlerde birçok almaç aynı anda çalıştığında oluşan yüksek akım sebebiyle sigorta atabilir. Bu durumda sigorta daha büyük bir sigorta ile değiştirilmemelidir.

Bir devre kesici ise akımın belli bir eşik değerine ulaşması hâlinde açılan otomatik bir anahtardır. ***Görsel 1.53***'teki gibi bir metal çiftinden ibaret olan şerit boyunca çok fazla akım geçerken yüksek sıcaklık şeridin bükülmesine ve mandalın serbest kalmasına neden olur. Bu sırada devreden geçen akım kesilmiş olur.

Elektrik devrelerinde başvurulan bir diğer güvenlik önlemi yalıtkan kullanımıdır. Devrelerdeki iletkenlerin bir yalıtkanla kaplanmasına **izolasyon** denir. Elektrik tesisatındaki arızaların giderilmesinde kullanılan kontrol kalemi ve pense gibi araçların tutulacak bölümlerinin yalıtkanla kaplı olması oldukça önemlidir.

Evlerinizin duvarlarında bulunan prizlerin çıplak bölümüne çıplak elle dokunulması ölümcül sonuçlara yol açabilir. Çünkü insan vücudu, mükemmel olmasa da orta derecede iyi bir elektrik iletkenidir. Elektrik çarpması sırasında vücuttan geçen akımın değeri, onun vücuda giriş ve vücuttan çıkış noktalarına bağlıdır. Bir bütün olarak ele alındığında, iki elin parmak uçları arasındaki direnç, vücut kuru olduğunda yaklaşık 1500 Ω'dur. Bu değer vücut ıslak olduğunda 500 Ω'a kadar düşer. Direnç değerleri elinizin parmak uçlarından ayaklarınızın parmak uçlarına kadar olan bölüm düşünüldüğünde daha da artar.

İnsan vücudundan geçen elektrik akımı kişiye iki şekilde zarar verebilir:

1. Yanıklara neden olabilir.

2. Sinir ve kasları felç edebilir (5 mA'in üzerindeki akımlar, kasların ciddi şekilde kasılmasına neden olur.).

Bu etkiler akımın şiddetine, geçiş süresine ve vücudun hangi kısımlarından geçtiğine bağlı olarak az ya da çok hissedilir. Örneğin beyin ve kalp gibi hayati organlardan geçen bir akım ölümcül olabilmektedir.

Bildiğiniz gibi almaçlar üzerlerinden akım geçerse çalışır. Elektrik kablolarının yalıtkan kılıfında yırtılma ya da aşınma olması hâlinde akım almaç üzerinden geçmez. Oluşan kısa devre sonucu yangınlar meydana gelebilir. Bu yüzden ömrünü tamamlamış elektrik tesisatı yenilenmelidir. Elektrik akımının doğuracağı olumsuzluklardan korunmanın bir diğer yolu da **topraklama**dır. Bir elektrikli alette faz ve nötr denilen iki hat bulunur. Ancak 220 V gibi yüksek gerilimle çalışan aletlerde genellikle üçüncü bir hat daha bulunur ki buna da **toprak hattı** denir. Toprak hattı elektrikli aletin gövdesini toprağa bağlayan çok düşük dirençli bir iletkenden ibarettir ***(Görsel 1.54)***. Bu sayede olası elektrik kaçakları doğrudan toprağa akacağından bir taraftan aracın bozulması önlenirken öte yandan elektrik kazalarına karşı koruma sağlanmış olur.

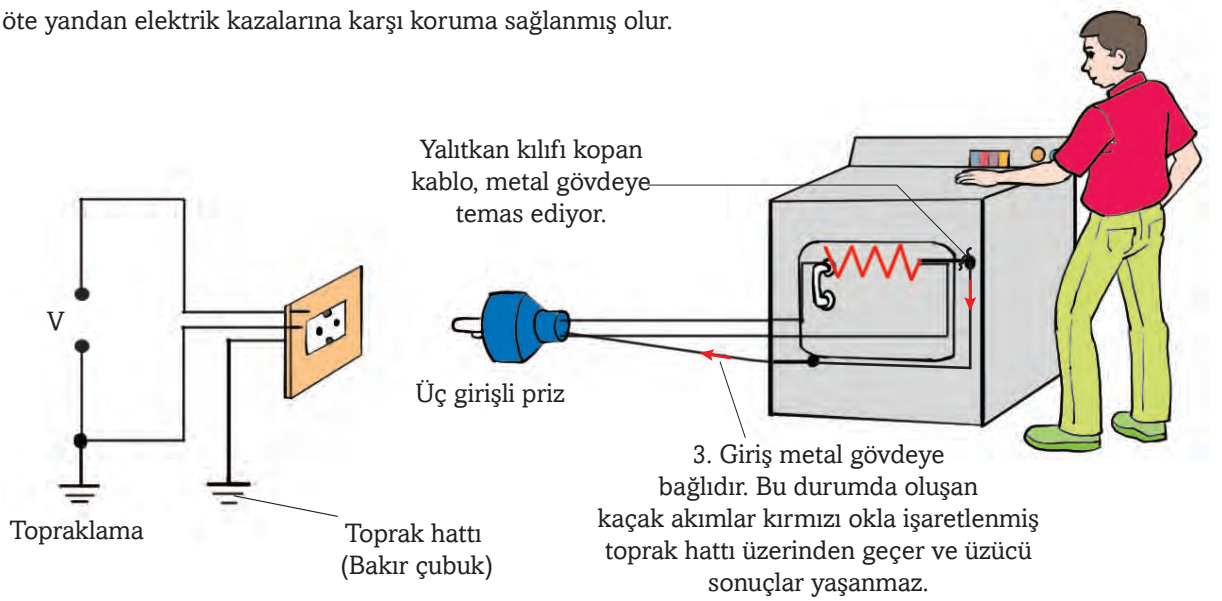
Bunları biliyor musunuz?

Üç girişli fişte;

• Mavi kablo nötre,

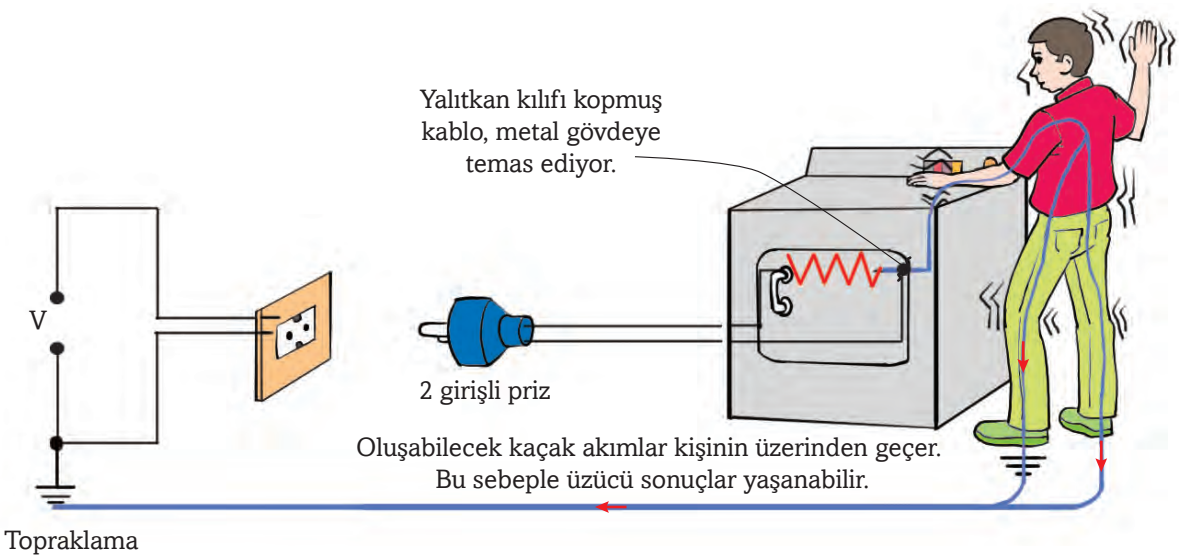
• Kahverengi kablo bir sigorta üzerinden faza,

• Yeşil - sarı kablo (Renk körü olan kişilerin yararlanabilmesi için iki renk yapılır.) toprak hattına bağlanır.



Görsel 1.54: *Toprak hattı olan prize bağlanmış bir çamaşır kurutma makinesi*

Ütü, fırın, kurutma makinesi gibi yüksek akım çeken almaçlar mutlaka toprak hattı olan prizlerle kullanılmalıdır. Toprak hattının olmadığı iki girişli prizlerde yalıtkan kılıfın koptuğu ya da aşındığı bir nokta almacın iletken gövdesine temas ederse akım bu almaca dokunan kişi üzerinden toprağa akar. Bu durumda yaralanma veya ölümcül sonuçların yaşanması muhtemel olur ***(Görsel 1.55)***.



Görsel 1.55: *Toprak hattı olmayan iki girişli prize bağlı çamaşır kurutma makinesi*

Görsel 1.56: *Uyarı levhaları da birer güvenlik önlemidir.*

Bulunduğunuz mekânlarda yanlış kullanım, dikkatsizlik ve elinizde olmayan sebeplerden dolayı elektrik çarpmalarına yol açabilecek pek çok farklı durum olabilir. Daha güvenli bir yaşam için;

- Her durumda uyarı levhaları dikkate alınmalıdır ***(Görsel 1.56)***.
- Su ve elektrik enerjisi ölümcül bir kombinasyondur. Islak elle çalışır durumdaki elektrikli cihazlara dokunulmamalıdır.
- Elektrik enerjisine kapılan birine yardım için öncelikle elektrik akımı kesilmelidir.
- Su birikintilerine temas eden kopmuş kablolardan uzak durulmalı, böyle bir durumda derhâl enerji dağıtım görevlilerine haber verilmelidir.
- Seyyar uzatma kabloları mümkünse kullanılmamalı, kullanılacaksa kapaklı olanları tercih edilmelidir. Bu kablolara çocukların ulaşması engellenmelidir.
- Elektrikli cihazlar kullanım kılavuzundaki talimatlar göz önüne alınarak kullanılmalıdır.
- Elektrik tesisatları ve özellikle toprak hatları belli periyotlarla bakımdan geçirilmelidir.
- Elektrik teknisyenleri, elektrikli cihazları tamir ederken yalıtkan eldiven ve çizme kullanmalıdır.

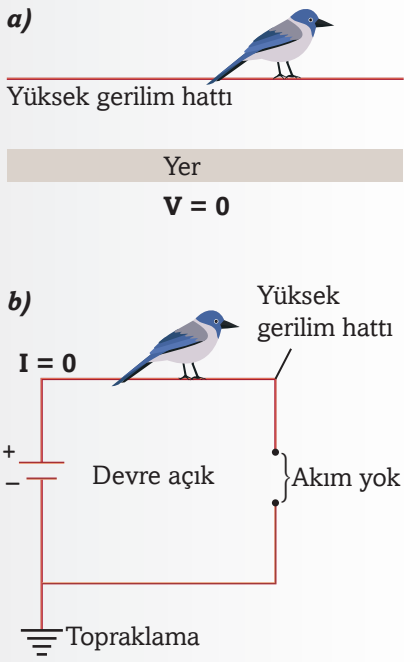
- Elektrikli cihazlardan veya musluklardan karıncalanmaya yol açacak düzeyde dahi bir kaçak akım fark edildiğinde mutlaka lisanslı, uzman birine tamir ettirilmelidir.
- Elektrik arıza telefon numarası (Alo 186) ezberlenmelidir.

Görsel 1.57: *Bir prize çok sayıda fişin takılması aşırı yüklenme sebebiyle tehlikeli sonuçlar doğurabilir.*

- Duvardaki bütün prizlerin topraklı olması sağlanmalı, bir prize çok sayıda fiş takılmamalıdır ***(Görsel 1.57)***.

Sıralanan bu önlemler farklı durum ve şartlar göz önüne alınarak daha da artırılabilir. Ancak bunun kadar önemli olan başka bir hususun da bilinçlenmek olduğu unutulmamalıdır. Edindiğiniz bilgi ve tecrübeleri yakınınızdaki kişilerle paylaşabilir, onların da bilinçlenmelerini sağlayarak hayatını kurtarabilirsiniz.

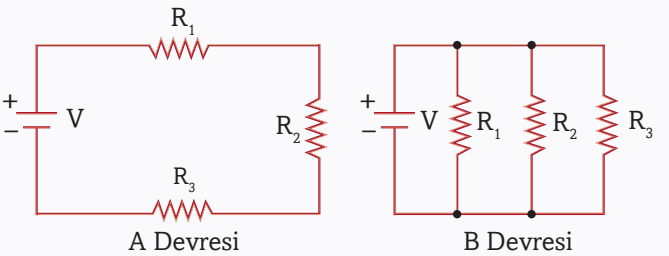
Bunları biliyor musunuz?



Anahtarı açık ya da devre elemanları arasında herhangi bir noktada temassızlık olan devrelere **açık devre** denir. Açık devreler üzerinde akım oluşmaz. Anahtarı kapalı ya da devre elemanları arasında temassızlık bulunmayan devrelere ise **kapalı devre** denir. Elektrik çarpmaları kapalı devre oluşursa meydana gelir. Yukarıda verilen her iki durumda devre açıktır (Topraklama yoktur.). Kuş, tel ile birlikte elektrik direğine de temas ederse vücudu toprağa bağlanmış olur. Bu durumda kuş elektrik akımına kapılır.

NE ÖĞRENDİNİZ?

24 V'luk üreteç ve $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 2{,}5\ \Omega$, $R_3 = 0{,}5\ \Omega$'luk dirençlerle kurulan A ve B devrelerinde her bir direncin uçları arasındaki potansiyel farkını ve her bir direnç üzerinden geçen akım şiddetini bulunuz.



BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- **Elektriksel güç, batarya, sigorta, topraklama, yalıtım** ve **elektrik çarpması** kavramlarını kendi cümlelerinizle tanımlayınız.
- **Elektriksel enerji** ile **elektriksel güç** arasındaki ilişkiyi açıklayan kısa bir metin yazınız.

AÇIKLAYINIZ

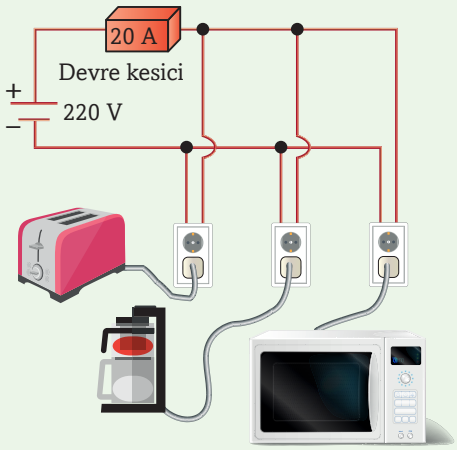
1. Elinizde iki özdeş ampul ve iki özdeş pil vardır. Ampullerde mümkün olan maksimum toplam gücü elde etmek için pil ve ampulleri nasıl bağlayacağınızı açıklayınız. (Pillerin iç dirençleri önemsizdir.)

2. Bir üretecin uçları arasındaki potansiyel farkı emk'den büyük olabilir mi? Açıklayınız.

UYGULAMA

3. Bir tost makinesinin direnci 11 Ω'dur. Tost hazırlarken makine 220 V altında bir dakika çalıştırılıyor. Buna göre tost makinesinin harcadığı enerji kaç J'dür?

4. Devre kesiciler, akımın belirlenen güvenli limit değerin üstüne çıkması hâlinde kendiliğinden devre akımını kesen otomatik anahtarlardır. Bir mutfakta 1540 W gücünde ekmek kızartma makinesi, 2200 W gücünde çay makinesi ve 1320 W gücünde mikrodalga fırın bulunmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi cihazların üçü de 220 V'luk gerilime 20 A'lik devre kesici üzerinden (Devre kesicinin ihmal edilebilir düzeyde bir direnci vardır.) bağlanmıştır.



a) Cihazların üçü aynı anda çalıştırıldığında devre kesicinin akımı kesmemesi için eşdeğer direnç değerinin en az kaç Ω olması gerekir?

b) Cihazlar çalıştığında devre kesicinin akımı kesip kesmeyeceğini belirleyiniz.

KARŞILAŞTIRMA

5. Dirençlerin seri ve paralel bağlanmalarını karşılaştırınız, aralarındaki farkları belirtiniz.

6. Üreteçlerin seri ve paralel bağlanmalarını karşılaştırınız, aralarındaki farkları belirtiniz.

1.3. MIKNATIS VE MANYETİK ALAN

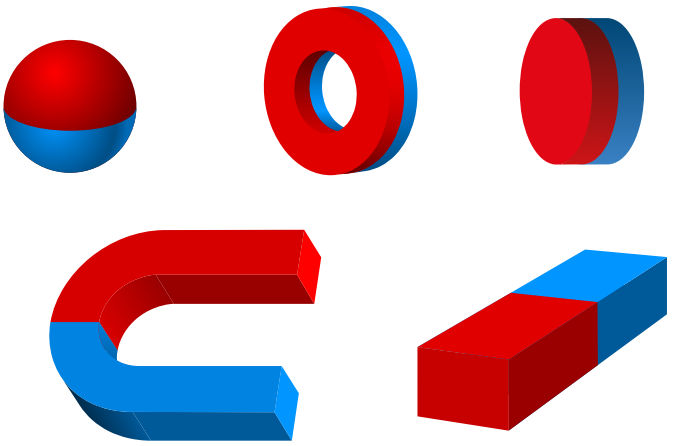
Konular

- Mıknatıslar

Görsel 1.58: *Mıknatıs nedir? Hangi özelliklere sahiptir? Neden bazı metalleri çekerken diğerlerini çekmez?*

Anahtar Kavramlar

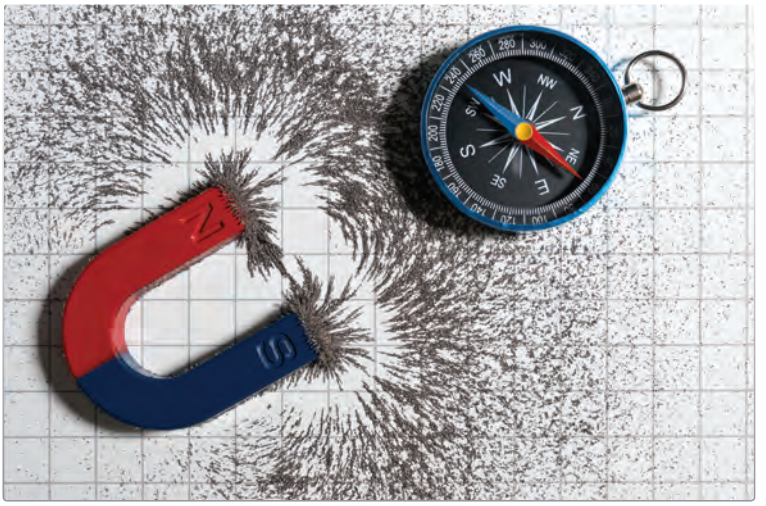
- manyetik alan



Görsel 1.59: *Farklı şekillerde mıknatıslar vardır. Bu mıknatıslarda kaç kutup vardır? Tek kutuplu bir mıknatıs elde edilebilir mi?*

Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Mıknatısların oluşturduğu manyetik alanı ve özelliklerini açıklayabileceksiniz.



Görsel 1.60: *Manyetik alan nedir, nasıl gösterilir? Bu alanların özellikleri nelerdir?*

Görsel 1.61: *Doğal mıknatıs cevheri (magnesia)*

Görsel 1.62: *Mıknatıslar; havacılık, güç santralleri ve otomotiv sanayisi gibi birçok alanda kullanılmaktadır.*

Mıknatıslar

Manyetizmanın tarihi MÖ 600'lü yıllara dayanmaktadır. O dönemde Yunan filozof Thales'in (Tales) Anadolu'da "Magnesia" denen bir bölgede (Bu bölgenin bugünkü Manisa ilinin bulunduğu yer olduğu ifade edilmektedir.) doğal olarak oluşmuş bazı kayaçların birbirini çekme yeteneğini keşfettiği belirtilmektedir. Adına "manyetit (Fe_3O_4)" denen bu doğal mineralin demirden başka nikel ve kobalt içeren maddeleri de çektiği fark edilmiştir ***(Görsel 1.61)***. Demir, nikel ve kobaltı çekme özelliğine sahip cisimlere **mıknatıs** denir.

Bütün maddeler mıknatıslardan belli ölçüde etkilenir. Ancak bu etki demir, kobalt ve nikel gibi maddelerde daha belirgindir. Mıknatıslar tarafından çekilen maddeler **manyetik maddeler** olarak adlandırılır. Demir, nikel ve kobalt gibi manyetik maddelerden özel teknikler uygulanarak yapay mıknatıslar elde edilir.

Manyetik maddeler bir manyetik alan içerisine konulduğunda mıknatıslık özelliği kazanır. Okulların laboratuvarlarında bulunan yapay ama kalıcı (sürekli) mıknatıslar, demir-kobalt alaşımına demir-nikel- alüminyum alaşımının katılmasından oluşan ve adına "ALNİCO" (Al-Ni-Co) denen özel bir alaşımdır.

Günlük hayatta hemen herkes bir şekilde manyetizmadan yararlanır ***(Görsel 1.62)***.

Manyetik etkiler olmasaydı elektrik enerjisi elde edilemezdi. Motorlar, jeneratörler, mikrodalga fırınlar ve bilgisayar yazıcıları veya disk sürücüleri, sağlık alanında kullanılan manyetik rezonans görüntüleme (MR) cihazları olmazdı. Bir pusula iğnesi Dünya'nın manyetik alanıyla etkileşerek çalışır. Peki manyetik alan nedir, hangi özelliklere sahiptir? Bir yerde manyetik alanın olup olmadığını nasıl anlarsınız?

ETKİNLİK 1.4

Demir Tozları Neden Rastgele Dağılmaz?

Araç ve Gereçler

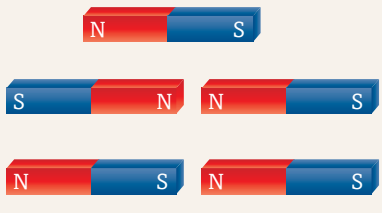
- 5 adet çubuk mıknatıs
- demir tozu
- 6 adet A3 kâğıdı
- pusula

Etkinliğin Amacı

Bir mıknatısın manyetik alanını incelemek.

Bunları Yapınız

• Düz bir zemine 3 adet A3 kâğıdını yan yana seriniz. Kâğıtlardan birinin üzerine tek çubuk mıknatıs, diğer ikisinin üzerine ise bir doğru oluşturacak biçimde şekilde görüldüğü gibi ayrı ayrı iki çubuk mıknatıs yerleştiriniz. Mıknatısları ikili yerleştirirken birinde aynı, diğerinde zıt kutupların birbirine yakın olmasına dikkat ediniz.



• Pusulayı her bir kâğıt üzerindeki mıknatısların çevresinde yavaşça gezdiriniz. Bu sırada pusula iğnesinin hangi yönde saptığını takip ediniz.

• Kâğıtların üzerindeki mıknatısların üstüne ve etrafına demir tozlarını serpiştiriniz. Oluşan demir tozu desenini gözlemleyiniz.

• Mıknatısların pozisyonlarını bozmadan üzerlerini birer A3 kâğıdı ile kapatınız. Pusulayı bu kâğıtların üzerinde gezdiriniz. Bu sırada pusula iğnesinin hangi yönlere doğru saptığını takip ediniz.

• Daha sonra demir tozlarını mıknatısları kapattığınız kâğıtların üzerine serpiniz. Yeni durumda her bir kâğıt üzerinde demir tozlarından oluşan deseni gözlemleyiniz ve önceki demir tozu deseni ile karşılaştırınız.

Soruları Cevaplayınız

• Mıknatısların çevresinde gezdirilen pusula iğnesindeki sapmanın sebebi nedir? Açıklayınız.

• Mıknatısların aynı kutupları birbirine yakınken oluşan demir tozu deseni ile farklı kutupları birbirine yakınken oluşan demir tozu deseni arasında hangi farklar gözlemlenir? Her bir durumda oluşan deseni çizerek gösteriniz.

• Bir mıknatısın manyetik etkilerinin güçlü ve zayıf olduğu bölümlerini kullandığınız mıknatısın resmini çizerek belirtiniz.

• Manyetik etkilerin mıknatıstan uzaklaştıkça zayıfladığı söylenebilir mi?

• Bir mıknatısın manyetik etkileri izole edilebilir mi? Açıklayınız.

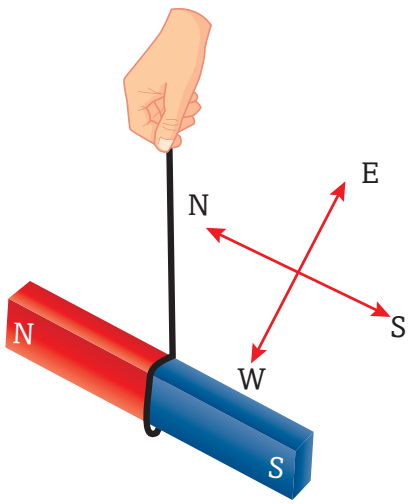
• Demir tozları ve pusula iğnesi üzerinde etkin olan ve temas gerektirmeyen kuvvet, bu cisimlerin bulundukları noktalarda manyetik alanların var olduğunu kanıtlar mı? Açıklayınız.

MÖ 600'lü yıllardan beri manyetit denen kayacın davranışlarıyla ilgili çalışmalar birkaç ilginç etkiyi ortaya çıkarmıştı. Örneğin, kayaçtan koparılan iki parça arasında temas olmadan bazen çekme bazen de itme etkisi meydana geliyordu. İki farklı manyetik etki araştırmacılara kayaç üzerinde iki farklı "manyetik uç" ya da "kutup" olması gerektiğini düşündürdü ***(Görsel 1.63)***. Bu gözlem mıknatıslar için elektrik yüklerinin nasıl davrandığına dair kuralın benzeri olan "Aynı kutuplar birbirini iter, zıt kutuplar birbirini çeker." manyetizma ilkesinin oluşmasına yol açmıştır.

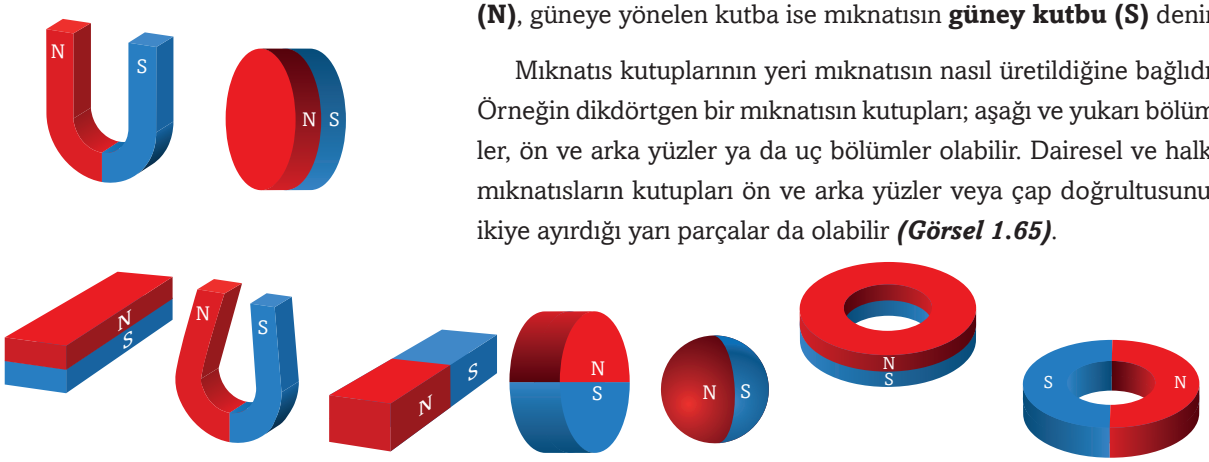
1269 yılında Pierre de Maricourt (Piyer dö Merikut), manyetik kayaçların küresel bir parçasının yüzeyinde çeşitli konumlara yerleştirdiği mıknatıslanmış iğnelerin yönelimlerinden yola çıkarak mıknatıs kutuplarının nasıl belirleneceğini gösterdi. Yürütülen başka çalışmalar, şekli ne olursa olsun her mıknatısın kuzey (north = N) ve güney (south = S) olarak adlandırılan iki kutbunun olduğu sonucunu doğurmuştur.

Serbest hareket edecek biçimde asılan bir çubuk mıknatıs ***(Görsel 1.64)*** bir süre sonra yaklaşık kuzey-güney doğrultusunu alır. Mıknatıs kutupları ismini Dünya'nın manyetik alanı içindeki bu

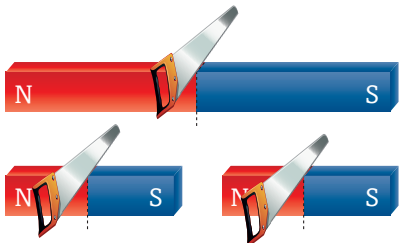
Görsel 1.63: *Bir mıknatıs iki kutba sahiptir.*



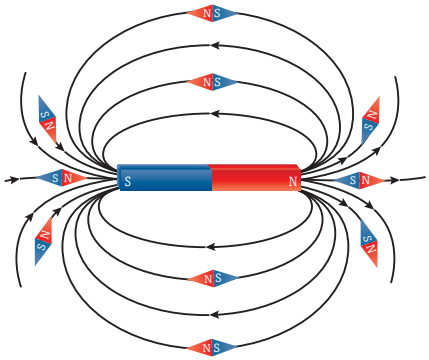
Görsel 1.64: *Serbestçe hareket edebilen bir mıknatıs kuzey-güney doğrultusunu alır.*



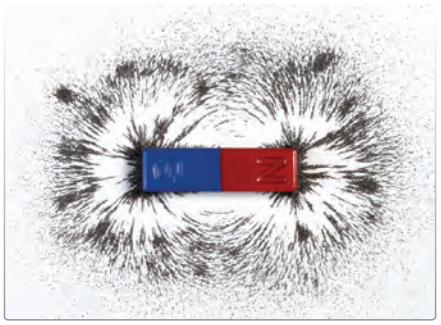
Görsel 1.65: *Farklı şekillerdeki mıknatıslar*



Görsel 1.66: *Tek kutuplu mıknatıs elde edilemez.*



Görsel 1.67: *Pusula iğnesi her noktada manyetik alanın yönünü gösterir.*



Görsel 1.68: *Çubuk mıknatısın demir tozlarıyla belirlenen manyetik alanı*

yöneliminden alır. Kuzeye yönelen kutba mıknatısın **kuzey kutbu (N)**, güneye yönelen kutba ise mıknatısın **güney kutbu (S)** denir.

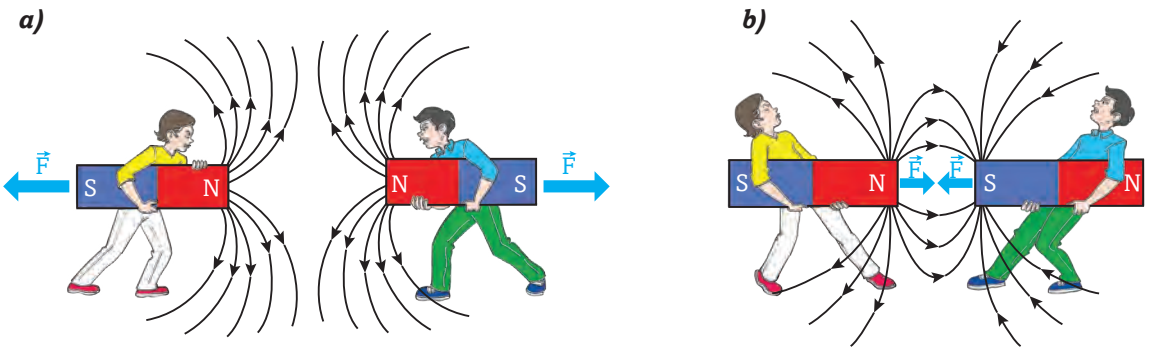
Mıknatıs kutuplarının yeri mıknatısın nasıl üretildiğine bağlıdır. Örneğin dikdörtgen bir mıknatısın kutupları; aşağı ve yukarı bölümler, ön ve arka yüzler ya da uç bölümler olabilir. Dairesel ve halka mıknatısların kutupları ön ve arka yüzler veya çap doğrultusunun ikiye ayırdığı yarı parçalar da olabilir ***(Görsel 1.65)***.

Bir mıknatısın kuzey ve güney kutuplarını ayırmak imkânsızdır. Bu kutuplar her zaman çiftler hâlinde meydana gelir. Bir çubuk mıknatıs hangi şekle sahip olursa olsun parçalandığında ya da ortadan (nötr çizgisinden) eşit parçalara bölündüğünde her bir parça yine iki kutuplu bağımsız birer mıknatıs hâline gelir ***(Görsel 1.66)***. Bu, mıknatısın hangi doğrultuda kesildiğinden ve elde edilen parçaların büyüklüğünden bağımsızdır. Mıknatıs bölünmeye devam edilirse sonunda bir kuzey kutbu bir de güney kutbu olan demir atomuna ulaşılır.

Bir mıknatısın çevresinde belli bir bölgede hareket ettirilen pusulanın iğnesinde sürekli bir sapma gözlenir. Mıknatısların manyetik özelliklerini gösterdiği bu bölgeye **manyetik alan** denir. Pusula, mıknatıs etrafında farklı noktalara taşındıkça iğnesi mıknatısın manyetik alanı ile aynı hizaya gelir ***(Görsel 1.67)***. Mıknatıs üzerine ve çevresine serpiştirilen demir tozlarının oluşturduğu desen de o mıknatısın manyetik alanının şeklini gösterir ***(Görsel 1.68)***. Manyetik alan mıknatısa yakın noktalarda şiddetli, uzak noktalarda ise zayıftır. Manyetik alanın büyüklüğü mıknatıslar arasındaki itme ve çekme kuvvetini etkiler.

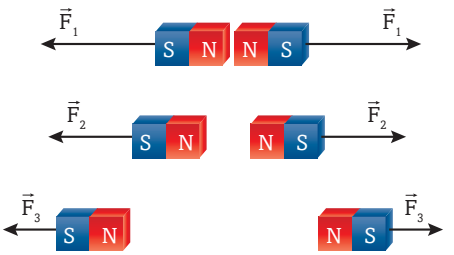
Aynı isimli kutuplar birbirini iter, zıt isimli kutuplar birbirini çeker. İtme ***(Görsel 1.69.a)*** ve çekmeyi ***(Görsel 1.69.b)*** ifade eden manyetik kuvvetin büyüklüğü, ters kare yasasına uyar. Yani mıknatıslar üzerinde oluşan kuvvetin büyüklüğü, mıknatısların aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değişir ***(Görsel 1.70)***.

Mıknatıslar, çevresindeki başka mıknatıslara ve demir, nikel, kobalt gibi maddelere temas olmadan manyetik alan sebebiyle kuvvet uygular. Bu kuvvetin şiddeti, aynı zamanda mıknatısların içinde bulunduğu ortamdan da etkilenir.



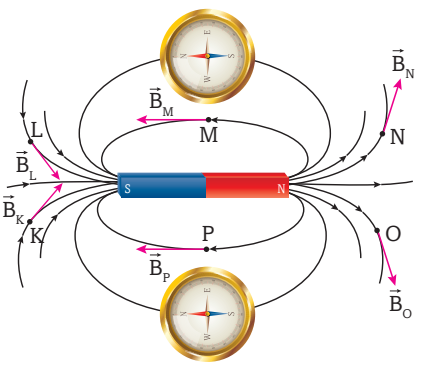
Görsel 1.69: a) *Aynı kutuplar birbirini iter.* ***b)*** *Zıt kutuplar birbirini çeker.*

Manyetik alan, fiziksel olarak var olmayan ancak onu temsil eden **manyetik alan kuvvet çizgileri** denilen gösterimlerden yararlanılarak somutlaştırılıp anlaşılır hâle getirilir. Vektörel bir kavram olan ve $\vec{B}$ sembol harfi ile gösterilen manyetik alanın herhangi bir noktadaki yönü bu alan çizgilerine o noktada çizilen teğetle aynıdır ***(Görsel 1.71)***. Birim yüzeydeki çizgi sayısı, manyetik alanın şiddeti ile orantılıdır. Büyüklüğü B olan manyetik alanın SI'da birimi Tesla (T), $\frac{Wb}{m^2}$ ya da $\frac{N}{A \cdot m}$'dir.



Görsel 1.70: *Manyetik kuvvetin büyüklüğü, mıknatıslar arasındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.*

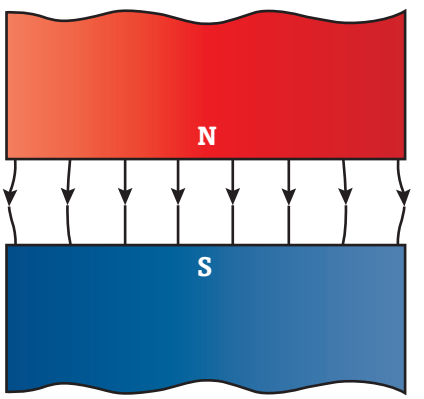
Görsel 1.72'deki gibi birbirine yakın olan iki mıknatıs ucunun kenarlarından içeride kalan ara boşlukta doğrusal olan manyetik alan çizgileri paralel doğrular biçiminde sıralanır. Büyüklüğü ve yönü noktadan noktaya değişmeyen bu tür alanlara **düzgün manyetik alan** denir. Geniş bir alanda mükemmel bir düzgün manyetik alanı üretmek kolay değildir. Mıknatıs uçlarının kenarlarında kuvvet çizgilerinin birbirine paralel olmadığına, bir şekilde büküldüğüne dikkat ediniz.



Görsel 1.71: *Bir çubuk mıknatısın manyetik alan kuvvet çizgileri ve bu alan çizgileri üzerinde alınan bazı noktalardaki manyetik alan ($\vec{B}$) vektörleri*

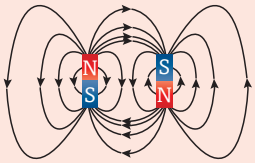
Manyetik alan kuvvet çizgilerinin bazı özellikleri şunlardır:

- Bir mıknatıstan kaynaklanan sonsuz sayıdaki manyetik alan çizgileri asla kesişmez.
- Süreklidirler. Bir başka deyişle manyetik alan kuvvet çizgilerinin başlangıcı ve sonu yoktur. Bu sebeple kapalı bir halka oluştururlar.
- Manyetik alan kuvvet çizgilerinin yoğunluğu mıknatıs kutuplarından olan uzaklığa bağlıdır. Manyetik alan, kuvvet çizgilerinin sık (yoğun) olduğu bölgelerde şiddetli, seyrek olduğu bölgelerde ise zayıftır.
- Kuvvet çizgileri, mıknatısın dışında kuzey kutuptan güney kutba, içinde ise güney kutuptan kuzey kutba olacak biçimde kapalı bir halka (ilmek) oluşturur.
- Manyetik alan kuvvet çizgileri her maddeden geçer.

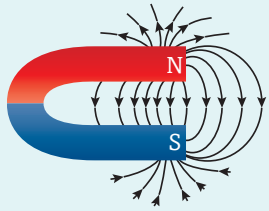


Görsel 1.72: *Düzgün manyetik alan*

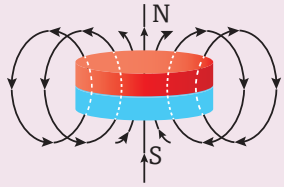
Aşağıda bazı mıknatısların oluşturduğu manyetik alan kuvvet çizgileri verilmiştir. İnceleyiniz.



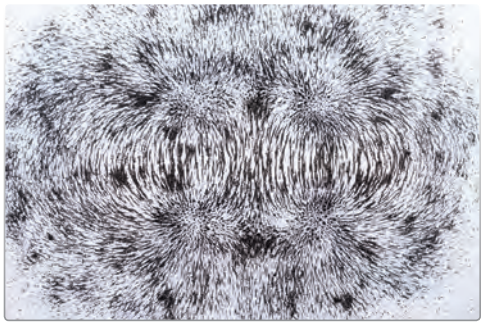
Aynı kutupları ters yönde olacak biçimde düzenlenmiş iki çubuk mıknatısın manyetik alan çizgileri. Mıknatıs kutuplarından uzak noktalarda alan çizgisi yoğunluğu düşükken kutupların yakınında yüksektir.



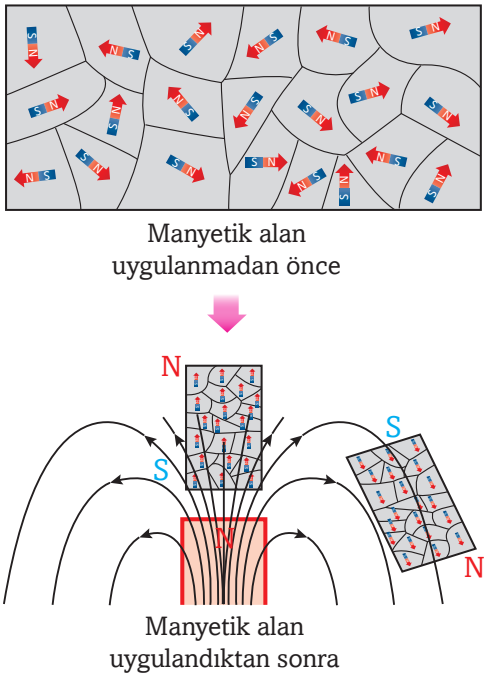
U mıknatısının manyetik alan çizgileri. Manyetik alan çizgileri kutuplarda sıkı, kutuplardan uzak noktalarda ise seyrektir.



Daire şeklindeki mıknatısın manyetik alan çizgileri diğer mıknatısların manyetik alan çizgileri gibi kapalı bir halka oluşturur.



Görsel 1.73: *Manyetik alandaki demir tozları (Manyetik kutuplar izole edilemez.)*



Görsel 1.74: *Demir, kobalt ve nikel gibi maddelerin geçici mıknatıslanması*

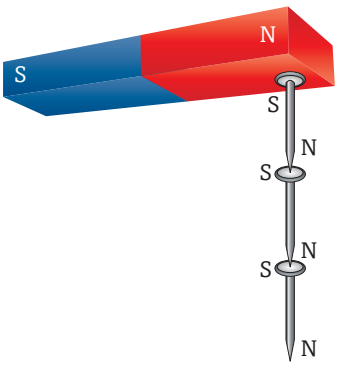
Mıknatıs kutupları elektrik yükleri gibi izole edilemez. Bir pusula iğnesi, bir noktadaki manyetik alana göre yön değiştiren küçük bir mıknatıstır. Bu sebeple üzeri bir kâğıtla kapatılan mıknatısın çevresinde gezdirilen pusulanın iğnesi yine her noktada manyetik alana paralel olur. Aynı sebeple kâğıt üzerine serpiştirilen demir tozları mıknatıslanarak manyetik alan boyunca sıralanır ***(Görsel 1.73)***.

Peki, mıknatıs olmayan demir tozları bir çubuk mıknatısın etrafında neden eğrisel bir desen oluşturarak sıralanır? Bu sorunun cevabı mıknatısların davranışını açıklayan teoride saklıdır.

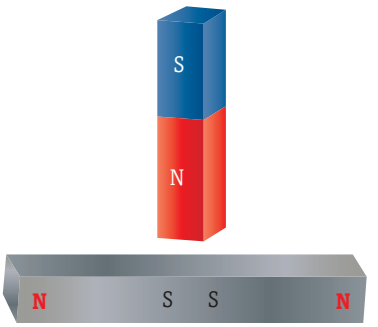
Mıknatıslanmamış demir, kobalt ve nikel gibi manyetik maddelerin molekülleri küçük birer çubuk mıknatısın manyetik alanı gibi alanlar oluşturur. Gevşek manyetik zincirler şeklinde rastgele bir düzende sıralanmış bu bağımsız küçük manyetik bölgelere **domain** denir. Her küçük manyetik bölge (domain) bu rastgele düzende, komşusunun manyetik alanını nötralize etme eğilimindedir. Dolayısıyla bu tür moleküler mıknatıs deseninde toplam manyetik etki ya hiç oluşmaz ya da çok zayıf oluşur. Madde manyetik alana maruz kaldığında ise domainlerin bu rastgele dağılmış hâli değişir ve küçük moleküler mıknatıslar bir manyetik alan üretecek şekilde aynı yönde dizilir. Yani domainler kuvvet çizgileri boyunca hizalanarak geçici mıknatıslanma meydana getirir. Maddeyi oluşturan domain sayısının fazla olması daha güçlü mıknatıslanmaya yol açar. Bunun sonucunda bir yönde kuzey kutup, diğer yönde ise güney kutup oluşur ***(Görsel 1.74)***. Bu sebeple mıknatısın yakınındaki demir tozları da minik birer mıknatıs gibi davranır.

Bir mıknatısın herhangi bir kutbuna dokundurulan veya yaklaştırılan demir çiviler de aynı sebeple mıknatıslanır ***(Görsel 1.75)***.

Mıknatısın manyetik alanı içerisindeki çivi kendisine temas eden başka çivilerin de mıknatıslanmasına yol açar. Mıknatıstan ayrılan çiviler bir süre sonra bu özelliklerini kaybederler. Yine aynı etkiyle bir demir çubuğun orta bölümüne yaklaştırılan çubuk mıknatıs; demir çubuğun uç bölümünün N, orta bölümünün ise S olacak şekilde etki ile mıknatıslanmasına sebep olur ***(Görsel 1.76)***.



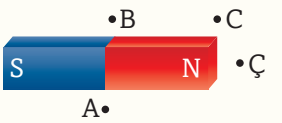
Görsel 1.75: *Bir mıknatısa dokundurulan demir çiviler mıknatıslık özelliği kazanır.*



Görsel 1.76: *Demir çekirdeğe N kutbu yaklaştırılan çubuk mıknatıs, çekirdeğin orta bölümünün uçlara göre zıt kutuplanmasını sağlar.*

ÖRNEK PROBLEM

Bir çubuk mıknatısın yakınında A, B, C ve Ç noktalarına yerleştirilen pusula iğnesi nasıl dengeye gelir? Defterinize çizerek gösteriniz.

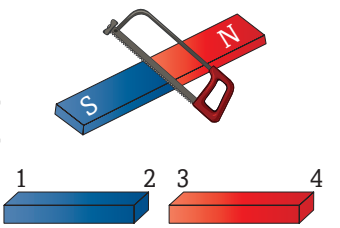


ÇÖZÜM

Bir mıknatısın manyetik alanı, mıknatısın dışında N kutbundan S kutbuna doğrudur. Buna göre mıknatıs iğneleri verilen noktalarda aşağıdaki gibi konumlanır.

ALIŞTIRMA

Bir çubuk mıknatıs tam ortasından kesilerek iki eşit parçaya bölünüyor. Her bir parçanın kutuplarını rakamlarla eşleştirerek belirtiniz.



NE ÖĞRENDİNİZ?

Varsayalım ki elinizde üç demir çubuk var, bunlardan ikisi mıknatıs ama üçüncüsü değil. Başka cisimler kullanmadan mıknatıs olmayan çubuğun hangisi olduğunu nasıl belirlersiniz? Açıklayınız.

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

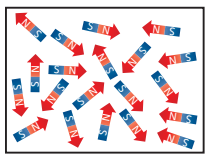
KELİMELERİ KULLANINIZ

- **Mıknatıs, mıknatıslanma, manyetik alan, manyetik alan kuvvet çizgileri, domain** ve **kutup** kavramlarının tanımlarını kendi cümlelerinizle yapınız.

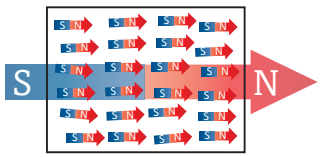
- Mıknatıslar hakkında bir sayfalık bir kompozisyon yazınız. Yazınızda,
  - "Mıknatıs türleri nelerdir? Doğal mıknatıslarla yapay mıknatıslar arasında ne gibi farklar vardır?
  - Bir mıknatıs parçalandığında ne olur? Tek kutuplu bir mıknatıs elde edilebilir mi?
  - İki mıknatısın sırasıyla aynı ve zıt kutupları birbirine yakın olacak şekilde yerleştirilirse aralarında nasıl bir etkileşim gerçekleşir?
  - Manyetik alan nedir? Bir mıknatısın manyetik alanı görülebilir mi? Manyetik alanın şeklini görmek mümkün müdür? Hangi maddeler manyetiktir?
  - Hangi ürünlerin yapısında mıknatıs bulunur?" gibi soruların cevabını veriniz.

AÇIKLAYINIZ

1. Aşağıdaki görsel, bir metal çubuğun iki farklı zamandaki domainlerinin durumunu göstermektedir. Domainlerin II. şekilde gösterildiği gibi hizalanmasının sebebi nedir? Açıklayınız.



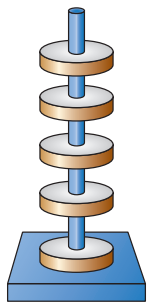
I. Şekil



II. Şekil

2. Bir çivi, bir atacı çekmez. Buna karşılık çivinin bir ucu mıknatıs ile temas hâlinde ise, diğer ucu atacı çeker. Neden?

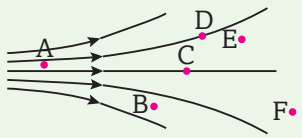
3. Şekilde mıknatıslar arasında oluşan manyetik kuvvetin etkisiyle askıda kalan halka mıknatıslar görülmektedir. En üstteki mıknatısın kuzey kutbu yukarı bakan kısmı olduğuna göre diğer mıknatısların her birinin üst tarafında hangi kutup yer alır?



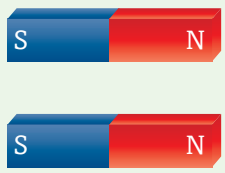
4. Elektriksel alan ile manyetik alanı karşılaştırınız.

UYGULAMA

5. Yandaki şekilde verilen noktaların her birinde manyetik alanın yönünü ve göreceli büyüklüğünü vektör çizerek gösteriniz, manyetik alan şiddetinin en büyük ve en küçük olduğu noktaları belirtiniz.



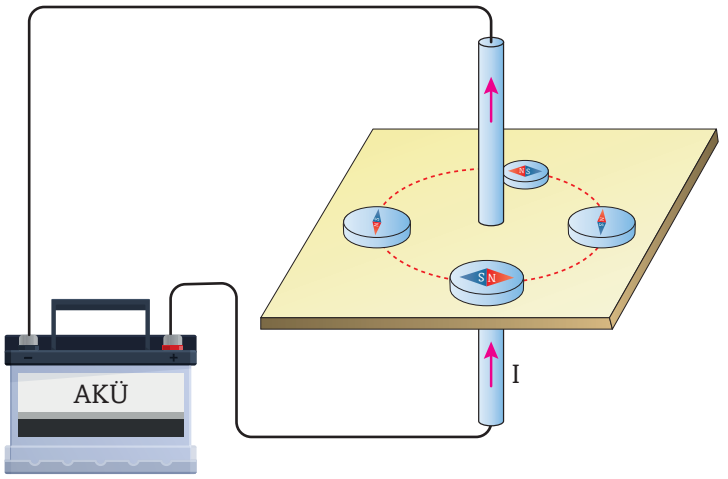
6. Özdeş iki çubuk mıknatıs, aynı kutupları yan yana olacak biçimde bir masa üzerine yerleştirilmiştir. Sistemdeki mıknatısların manyetik alan çizgileri nasıl sıralanır? Çizerek gösteriniz.



1.4. AKIM VE MANYETİK ALAN

Konular

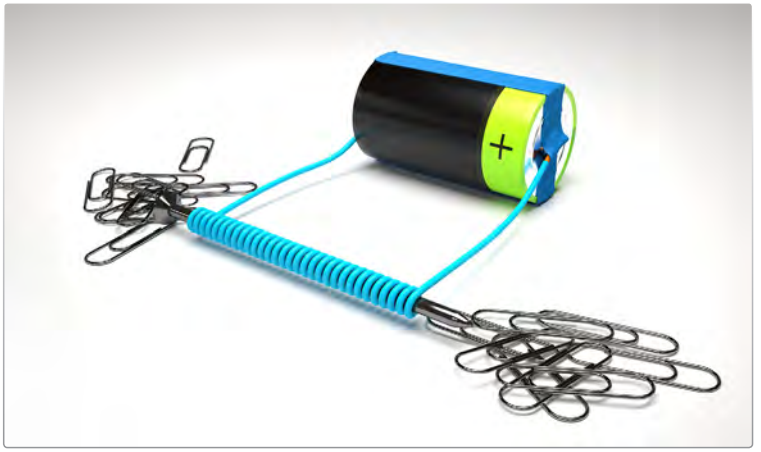
- Elektrik Akımı ve Manyetik Alan
- Manyetik Dünya



Görsel 1.77: *Üzerinden akım geçen bir iletken telin oluşturduğu manyetik alanı etkileyen değişkenler nelerdir?*

Anahtar Kavramlar

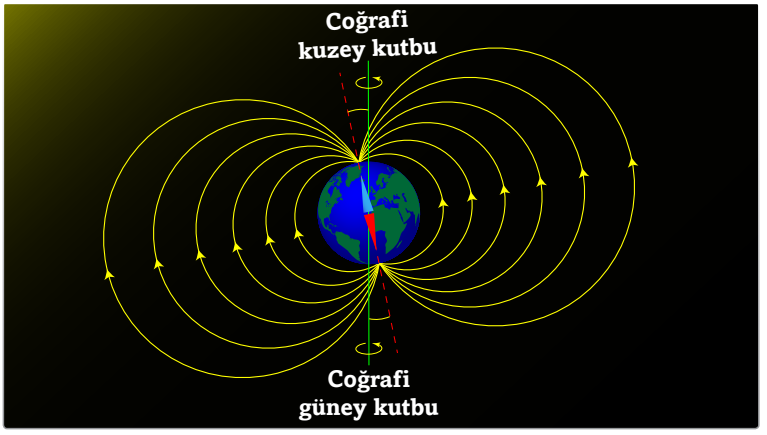
- Elektromıknatıs



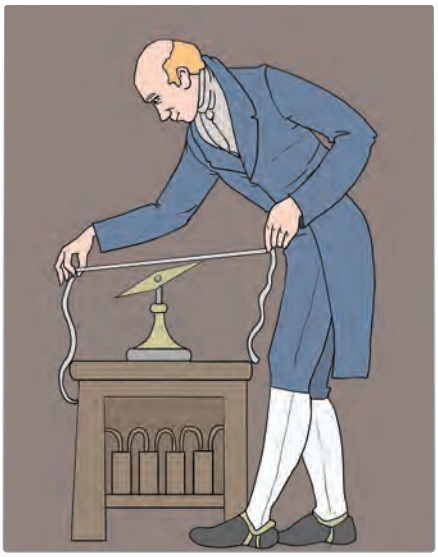
Görsel 1.78: *Elektromıknatıs nedir, nerelerde kullanılır?*

Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Üzerinden akım geçen düz bir iletken telin oluşturduğu manyetik alanı etkileyen değişkenleri analiz edebileceksiniz.
- Dünya'nın manyetik alanının sonuçlarını açıklayabileceksiniz.



Görsel 1.79: *Dünyanın sahip olduğu manyetik alanın sonuçları nelerdir?*



Görsel 1.80: *Hans Christian Oersted (1777-1851) (Görsel temsilîdir.)*

Elektrik Akımı ve Manyetik Alan

19. yüzyılın başlarında Alessandro Volta'nın (1745-1827) kendi adıyla anılan pili (Volta pili) icat etmesiyle elektrik alanındaki çalışmalar büyük bir hız kazanmıştır. Danimarkalı bilim insanı olan Hans Christian Oersted (Hans Kristiyan Orsted, 1777-1851) 1820 yılında yaptığı bir deneyde elektrik akımının manyetik etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu gözlemin fizik tarihinde çok önemli bir yeri vardır. Çünkü ilk defa bu deneyle elektrik ile manyetizma arasında bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Deneyde akım taşıyan bir telin yakınındaki pusula iğnelerinin akımın oluşturduğu manyetik alanın etkisiyle belli yönlere saptığı gözlenmiştir ***(Görsel 1.80)***. Hareketsiz yüklerin manyetik alanlar üretmediği biliniyordu. Bu yüzden yüklerin hareketi başka bir ifadeyle elektrik akımı manyetik alanı üretmiş olmalıydı. Elektrik akımının oluşturduğu manyetik alanı etkileyen değişkenler nelerdir?

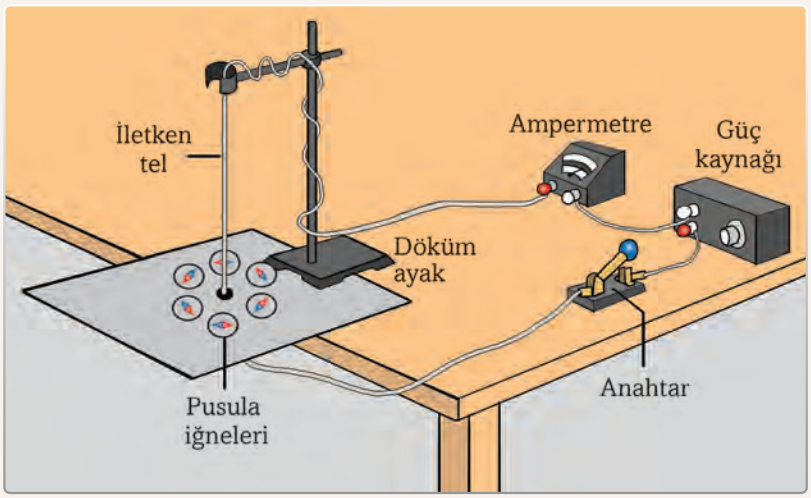
ETKİNLİK 1.5 Elektrik Akımının Manyetik Etkisi

Araç ve Gereçler

- alçak gerilim güç kaynağı
- bağlantı kabloları
- ampermetre ve anahtar
- demir tozları ve 4-6 adet pusula
- iki adet statif çubuk, döküm ayak ve ikili bağlama parçası
- yaklaşık 30 cmx30 cm boyutlarında mukavva parçası
- yaklaşık 30 cm bakır tel
- cetvel

Etkinliğin Amacı

Üzerinden akım geçen telin oluşturduğu manyetik alanı ve bu alanın bağlı olduğu değişkenleri incelemek.



Bunları Yapınız

- Döküm ayak altına koyarak sabitlediğiniz mukavva parçasının ortasında bir delik açınız. Bakır teli bu delikten geçiriniz. Bağlantı kabloları, anahtar ve ampermetreyi kullanarak hazırladığınız şekildeki düzeneği alçak gerilim güç kaynağına bağlayınız.

• Mukavva parçasının üzerine demir tozlarını düzgün şekilde serpiştiriniz.

• Alçak gerilim güç kaynağını sırasıyla 3 V, 6 V, 9 V ve 12 V'a ayarlayarak devreden farklı akımların geçmesini sağlayınız. Her bir akım değerini ampermetreden okuyunuz. Akım değeri arttıkça mukavvayı dik geçen bakır telin etrafındaki demir tozlarının bu telden itibaren hangi mesafelere kadar etkilendiğini cetvelle ölçünüz.

• Demir tozlarını mukavva üzerinden alınız. Güç kaynağını 9 V'a ayarlayınız. Anahtarı kapatarak pusulalarınızı bakır telin etrafında farklı konumlara koyarak pusulaların iğnelerindeki sapmaları gözlemleyiniz.

• Bağlantı kablolarının güç kaynağına bağlı uçlarını yer değiştirerek devreden geçen akımın yönünü değiştiriniz. Bu durumda farklı konumlarda tutulan her bir pusulanın iğnesinin hangi yönde saptığını gözlemleyiniz.

Soruları Cevaplayınız

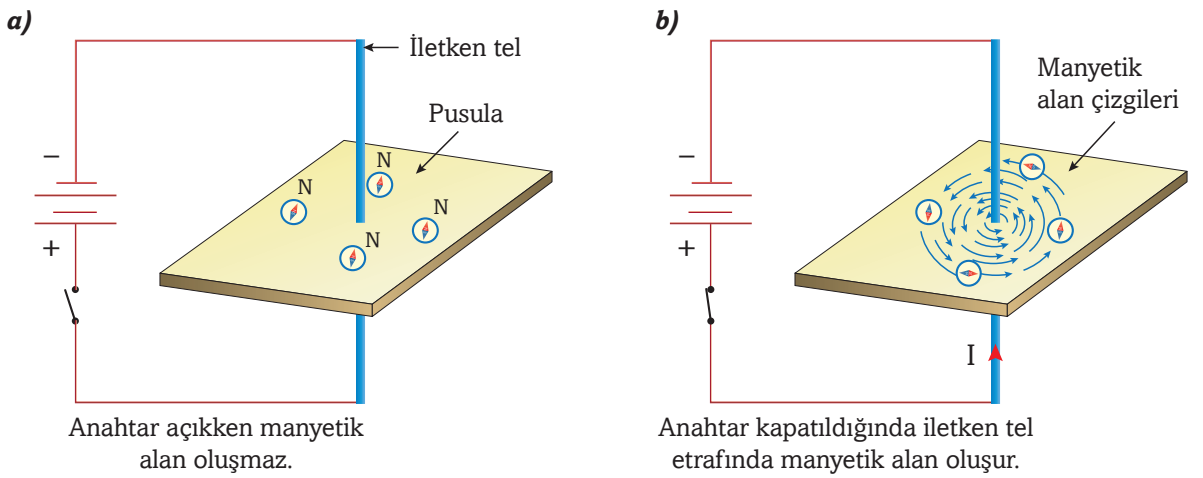
• Mukavva üzerindeki demir tozlarının akım taşıyan bakır telin etrafında hareketlenerek düzgün şekilde sıralanmasının sebebi nedir?

• Akım şiddeti arttıkça tele yakın demir tozlarının daha belirgin şekilde etkilenmesi ve bu etkinin giderek daha uzak mesafelerde hissedilmesi manyetik alanla ilgili nasıl bir sonuca varmanızı sağlar?

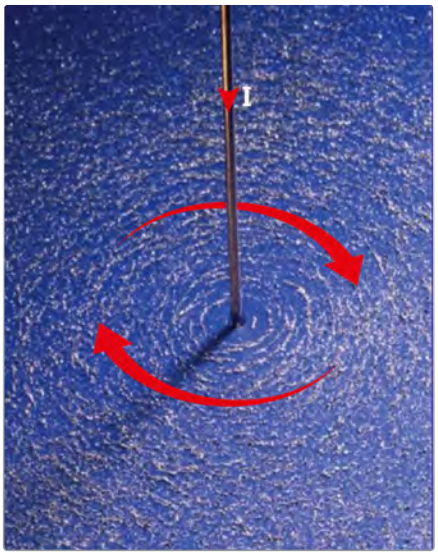
• Farklı konumlarda bulunan pusulaların iğnelerinin yönelimi aynı mı, farklı mı? Açıklayınız.

• Devreden geçen akım yön değiştirdiğinde pusulaların iğnelerinin yöneliminde nasıl bir değişim gözlemlediniz? Açıklayınız.

Bilindiği gibi pusula iğnesi ancak manyetik alan etkisiyle sapar. ***Görsel 1.81.a***'da verilen devrenin anahtarı açıkken iletken telin çevresine yerleştirilen bütün pusula iğneleri Dünya'nın manyetik alanının etkisiyle kuzeyi gösterir. Aynı devrenin anahtarı kapatılıp telden akımın geçmesi sağlandığında pusula iğneleri sapmaya uğrar. Dünya'nın manyetik alanı göz ardı edilirse bu sapmanın elektrik akımından kaynaklanan manyetik alanın etkisiyle meydana geldiğini söyleyebiliriz. Akım taşıyan bir telin etrafında tele dik düzlemler üzerinde ve merkezinde telin bulunduğu çembersel manyetik alan çizgileri oluşur. Manyetik alanın yönü bu çemberler üzerindeki her bir noktada alan çizgilerine teğettir ***(Görsel 1.81.b)***.



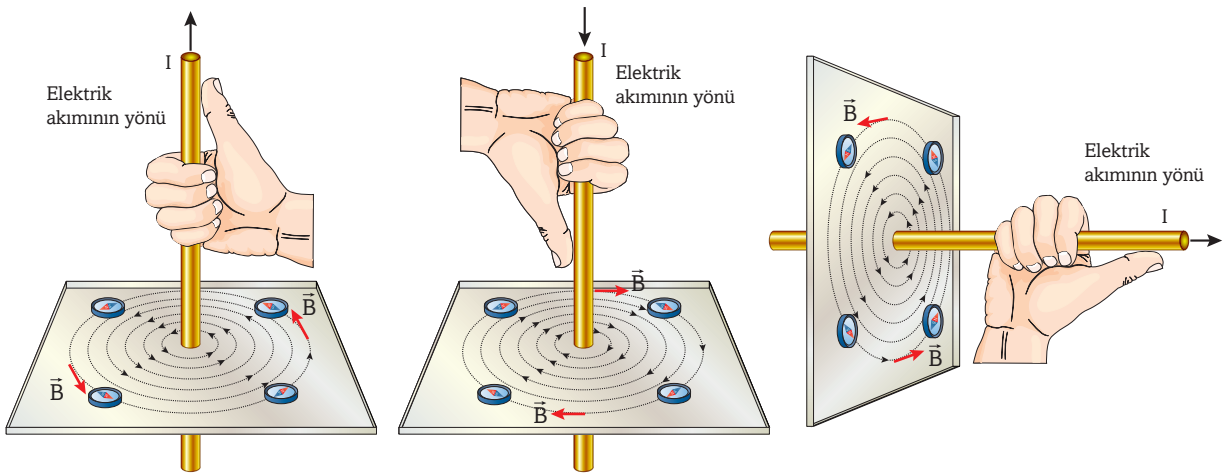
Görsel 1.81: *İçinden akım geçen bir telin etrafında manyetik alan oluşur.*



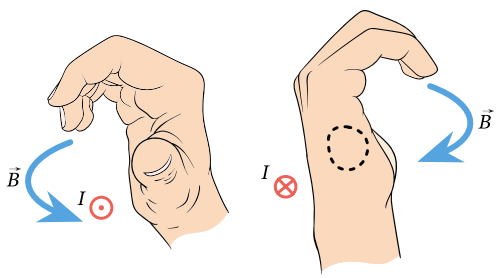
Görsel 1.82: *Üzerinden akım geçen düz telin herhangi bir noktada oluşturduğu manyetik alanın büyüklüğü, telden geçen akım şiddeti ile doğru, o noktanın telden uzaklığı ile ters orantılıdır.*

Üzerinden akım geçen bir tel kendisine dik olacak şekilde yerleştirilmiş bir mukavva üzerine serpilmiş demir tozlarının çemberler oluşturacak biçimde sıralanmasına sebep olur. Dolayısıyla elektrik akımından kaynaklanan manyetik alan çizgilerinin de mıknatıslardaki gibi kapalı ilmekler şeklinde oluştuğu sonucuna ulaşılır. Demir tozları, tele yakın bölgelerde daha belirgin çemberler oluştururken telden uzaklaştıkça çemberler giderek belirsizleşir. Bu sonuç, üzerinden akım geçen telin etrafındaki manyetik alanın şiddetinin telden uzaklaştıkça azaldığını gösterir ***(Görsel 1.82)***. Telden belli bir uzaklıktaki manyetik alanın büyüklüğü etkinlikte gözlemlendiği üzere akım şiddetine bağlıdır. Akım şiddeti arttıkça manyetik alanın büyüklüğü de artar.

Manyetik alan vektörel büyüklük olduğundan manyetik alanın yönünü belirlemek önemlidir. Üzerinden akım geçen bir telin etrafındaki manyetik alanın yönü, sağ el kuralı yardımıyla bulunur. Bunun için akım taşıyan telin baş parmak akımın yönünü gösterecek şekilde avuç içine alındığı hayal edilir. Bu durumda telin etrafında dolanan dört parmak manyetik alanın yönünü gösterir. Sağ el kuralından da anlaşılacağı üzere akımın yönü değiştiğinde manyetik alanın yönü de değişir ***(Görsel 1.83).***



Görsel 1.83: *Akım taşıyan bir telin çevresindeki manyetik alanın yönü sağ el kuralıyla bulunur.*



Görsel 1.84: *Sayfa düzlemine dik olan iletkenden geçen akımın oluşturduğu manyetik alanın sağ el kuralı ile belirlenmesi*

Manyetik alan vektörü ile akım her zaman birbirine dik olan düzlemlerde ***(Görsel 1.84)*** bulunur. Bu iki nicelik sayfa düzlemine dik doğrultuda olduğunda ⊙ ve ⊗ şeklinde olan iki gösterimden yararlanılır.

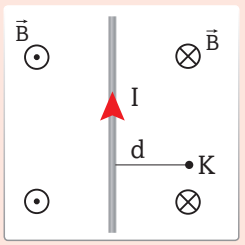
⊙ I: Yönü sayfa düzleminden dışarı doğru olan akımı temsil eder.

⊙ $\vec{B}$: Yönü sayfa düzleminden dışarı doğru olan manyetik alanı temsil eder.

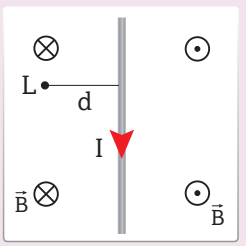
⊗ I: Yönü sayfa düzleminden içeri doğru olan akımı temsil eder.

⊗ $\vec{B}$: Yönü sayfa düzleminden içeri doğru olan manyetik alanı temsil eder.

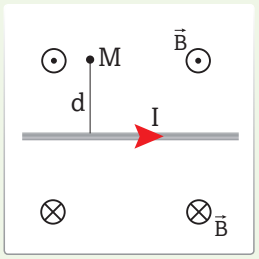
Aşağıda bu gösterimlerin kullanılmasını gerektiren bazı örnekler verilmiştir. İnceleyiniz.



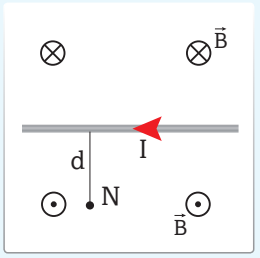
Sayfa düzlemine yapışık bir telden yönü yukarı doğru olan bir akım geçtiğinde bu telin sağında manyetik alanın içeri doğru olan yönü ⊗ $\vec{B}$ şeklinde, solunda dışarı doğru olan yönü ise ⊙ $\vec{B}$ şeklinde gösterilir.



Sayfa düzlemine yapışık bir telden yönü aşağı doğru olan bir akım geçtiğinde bu telin sağında manyetik alanın dışarı doğru olan yönü ⊙ $\vec{B}$ şeklinde, solunda içeri doğru olan yönü ise ⊗ $\vec{B}$ şeklinde gösterilir.



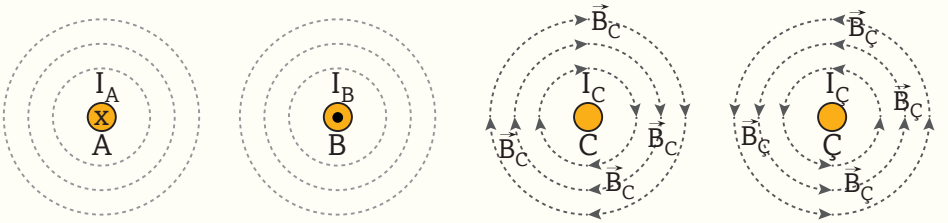
Sayfa düzlemine yapışık bir telden yönü sağa doğru olan bir akım geçtiğinde bu telin yukarısında manyetik alanın dışarı doğru olan yönü ⊙ $\vec{B}$ şeklinde, aşağısında içeri doğru olan yönü ise ⊗ $\vec{B}$ şeklinde gösterilir.



Sayfa düzlemine yapışık bir telden yönü sola doğru olan bir akım geçtiğinde bu telin yukarısında manyetik alanın içeri doğru olan yönü ⊗ $\vec{B}$ şeklinde, aşağısında dışarı doğru olan yönü ise ⊙ $\vec{B}$ şeklinde gösterilir.

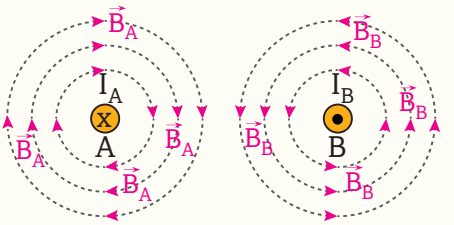
ÖRNEK PROBLEM

Aşağıdaki şekillerde A ve B tellerinin üzerinden geçen akımların yönü, C ve Ç tellerinin ise çevresinde oluşan manyetik alanların yönü verilmiştir. Buna göre I_A ve I_B akımlarından kaynaklanan manyetik alanlar ile $\vec{B}_C$ ve $\vec{B}_Ç$ manyetik alanlarına sebep olan elektrik akımlarının yönünü belirleyiniz.



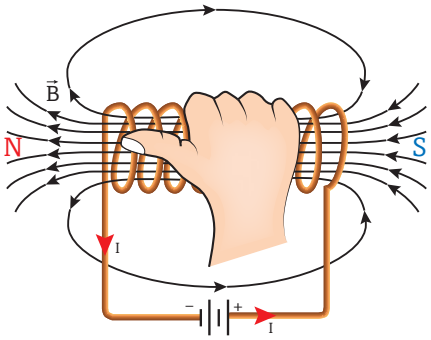
ÇÖZÜM

Bu soruyu cevaplamak için, sağ el kuralından yararlanılır. Bu kurala göre ***Görsel 1.84***'teki sağ elin açık tutulan başparmağı akımla aynı yönü gösterdiğinde diğer dört parmağın kıvrıldığı yön manyetik alanın yönünü belirtir. Sağ el kuralı sırasıyla A, B, C ve Ç tellerine uygulandığında I_A ve I_B akımlarından kaynaklanan manyetik alanların yandaki gibi, $\vec{B}_C$, $\vec{B}_Ç$ manyetik alanlarına sebep olan elektrik akımlarının ise aşağıdaki gibi olduğu belirlenir.



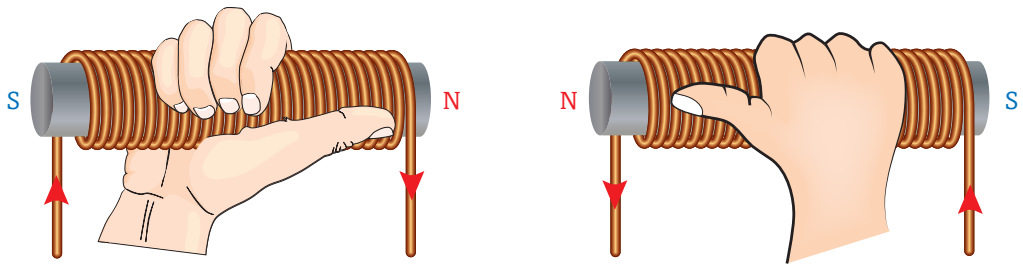
Elektromıknatıslık

Çok uzun bir tel yan yana halkalar hâline getirilerek telin üzerinden akım geçirildiğinde halkaların içinde manyetik alan oluşur. Birim uzunluğa ne kadar çok halka yerleştirilirse halkaların içindeki manyetik alan şiddeti de o oranda büyük olur. Çok sayıda akım halkasından oluşan bu silindir biçimli yapıya **solenoid**, **bobin** ya da **akım makarası** denir. Solenoidin merkezindeki manyetik alanın yönü de sağ el kuralıyla bulunur. Solenoid, sağ elin dört parmağı halkalar üzerinden geçen akım yönünü gösterecek şekilde avuç içine alınırsa

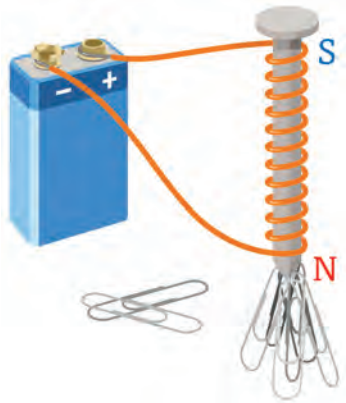


Görsel 1.85: *Bir solenoidin manyetik alanı.*

dört parmağa dik olarak açılan baş parmak manyetik alanın yönünü gösterir. ***Görsel 1.85***'te görüldüğü gibi bobinin manyetik alan çizgileri bir çubuk mıknatısın manyetik alan çizgilerine benzer biçimde oluşur. Alan çizgilerinin bobinden çıktığı taraf N (kuzey), bobine girdiği taraf ise S (güney) kutup gibi davranır. Eğer bu halkaların içine bir demir çekirdek yerleştirilirse demir çekirdek mıknatıs hâlini alır. Elektrik akımı kullanılarak elde edilen bu tür mıknatıslara **elektromıknatıs** denir. Elektromıknatısın kutupları, üzerindeki sarımlardan geçen akımın yönüne göre oluşur ve kutuplar, ***Görsel 1.86***'dan da anlaşılacağı üzere sağ el kuralıyla belirlenir.



Görsel 1.86: *Elektromıknatısın kutuplarının sağ el kuralı ile gösterimi.*



Görsel 1.87: *Bir beton çivisine sarılı telden elektrik akımı geçirilirse çivi mıknatıslanır.*

Bir demir çekirdek, dışı yalıtkanla kaplı telle sarıldıktan sonra uygun bir güç kaynağına bağlandığında, ihtiyaca göre bir mıknatıs elde edilmiş olur. Elektromıknatısın en basit örneği ***Görsel 1.87***'de olduğu gibi çivi üzerine sıkıca sarılan tellerin uçlarının bir pile bağlanmasıyla oluşan mıknatıstır. Böyle bir düzenekle manyetik alanın şiddeti, istendiği ölçüde daha güçlü veya zayıf hâle getirilebilir. Elektromıknatıslar geçici mıknatıslardır, akım kesildiğinde mıknatıslık özelliği kaybolur. Demir çekirdek üzerine sarılı halkalardan geçen akımın yönü değiştiğinde elektromıknatısın kutupları da yer değiştirir.

Akım şiddetinin değiştirilmesiyle güçlü ve ayarlanabilir elektromıknatısların elde edilmesiyle, bu mıknatıslardan oldukça farklı avantajlar sağlanmaktadır. Günümüzde elektromıknatıslar için, büyük ölçekli sanayi makinelerinden küçük ölçekli elektronik bileşenlere kadar sayısız uygulama alanı bulunmaktadır. Bu uygulama alanları;

- Döküm imalathaneleri ve demir-çelik fabrikalarında,
- Elektrikli trenlerin ve asansörlerin fren sistemlerinde,
- Evlerde, iş yerlerinde ve endüstride kullanılan çok değişik tipteki motorlarda,
- Elektrik enerjisinin iletiminde kullanılan gerilim yükseltme-düşürme transformatörlerinde,
- Elektromekanik etkilerle çalışan kontrol ve ölçüm aletlerinde,
- Evlerdeki elektromekanik kapı zillerinde, kapı otomatiklerinde; buzdolabı, çamaşır makinesi gibi beyaz eşyaların motorlarında,
- Hurdaların içerisinden demir ve çelik içeren parçaları ayırmada kullanılan elektromıknatıslı vinçlerde ***(Görsel 1.88)***,

Görsel 1.88: *Metal hurdaların geri dönüşüm için ayrılmasında elektromıknatıs kullanılır.*

- Hızlı tren sistemlerinde ***(Görsel 1.89)***,
- Haberleşmede ses ve görüntü iletiminde, radyo, televizyon, müzik çalar gibi cihazların hoparlörlerinde ve mikrofonlarda,
- Manyetik kayıt ve veri depolama cihazlarında,
- Birçok elektronik cihazın adaptörlerinde koruma amaçlı kullanılan rölelerde, devre kesicilerde ve sigortalarda kullanılır.

Ayrıca elektromıknatıslar, özellikle süperiletkenlik ve hızlandırıcılar söz konusu olduğunda, bilimsel araştırma ve deneyler yapmak için de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çok güçlü manyetik alanlar oluşturan süperiletken elektromıknatıslar genellikle bilimsel araştırma ve tıbbi teşhis ve tedavi ekipmanlarında bulunur. Bunlar arasında hastanelerdeki manyetik rezonans görüntüleme (MR) makineleri ve nükleer manyetik rezonans (NMR) spektrometreleri sayılabilir.

Elektromıknatısların yukarıda sıralanan kullanım alanlarına bakıldığında genellikle hareket gerektiren düzeneklerin elektromıknatıs içerdiği görülür. Bu sebeple elektromıknatıslı vinç, devre kesiciler, elektromekanik kapı zili ve ampermetre gibi ölçüm araçlarının çalışmasının da yaklaşık aynı prensiplere dayandığı söylenebilir. Bu anlayışla elektromekanik kapı zilinin nasıl çalıştığını izah etmek diğer düzeneklerin de çalışmasındaki sürecin anlaşılmasını sağlayacaktır. Bir elektromekanik kapı zili nasıl çalışır ***(Görsel 1.90)***?

I. Adım: Anahtar açık ve metal kol, tokmaktan uzaktadır. Anahtar kapatıldığında akımdan dolayı demir çekirdekler mıknatıs hâline gelir.

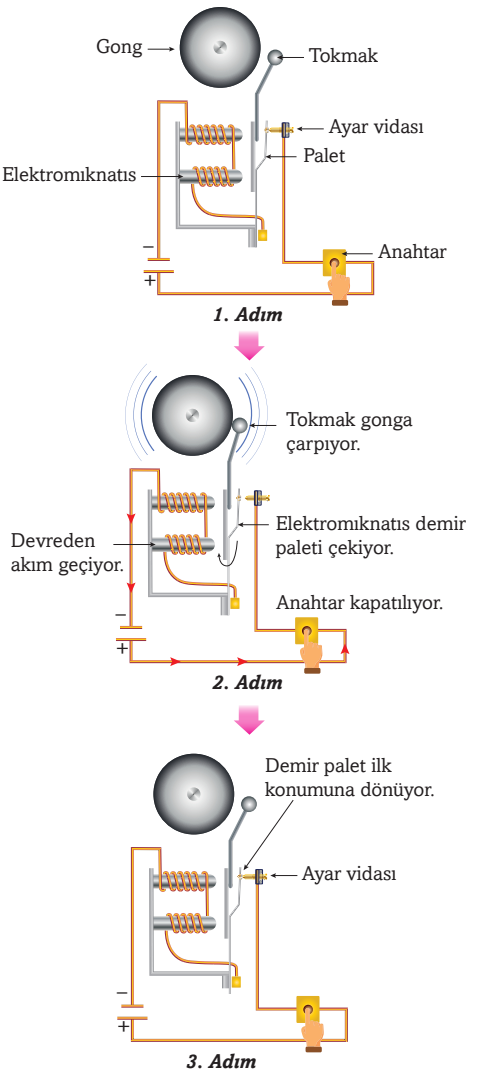
II. Adım: Mıknatıslanmış çekirdekler (elektromıknatıslar) palet denen bağlantı parçasını kendisine doğru çekerken paletin ucundaki tokmak çana çarpar. Bu sırada palete bağlı çelik yayla ayar vidasının arası açılır ve devreden geçen akım kesilir.

III. Adım: Elektromıknatıs, mıknatıslık özelliğini kaybederek paleti bırakır. Çelik yay tekrar ayar vidasına dokunur. Devreden yeniden akım geçerken palet tekrar çekilerek ucundaki tokmak çana çarpar. Anahtar kapalı olduğu sürece bu süreç tekrar eder. Akımın çok kısa aralıklarla sağlanması sonucunda oluşan manyetik etkideki değişme çanda sürekliliği olan bir ses meydana getirir.

Manyetik Alanların Canlılar Üzerindeki Etkileri

Çevrenizdeki canlı cansız bütün varlıklar -zayıf ya da güçlü- belli oranda manyetik özelliklere sahiptir. Dünya'nın manyetik etkileri de göz önüne alınarak varlıkların iç bölgesi de dâhil olmak üzere her ortamın manyetik alanların etkisinde olduğu söylenebilir. Canlı vücudundaki manyetik alan, dış alanların yanında kendi bünyesin-

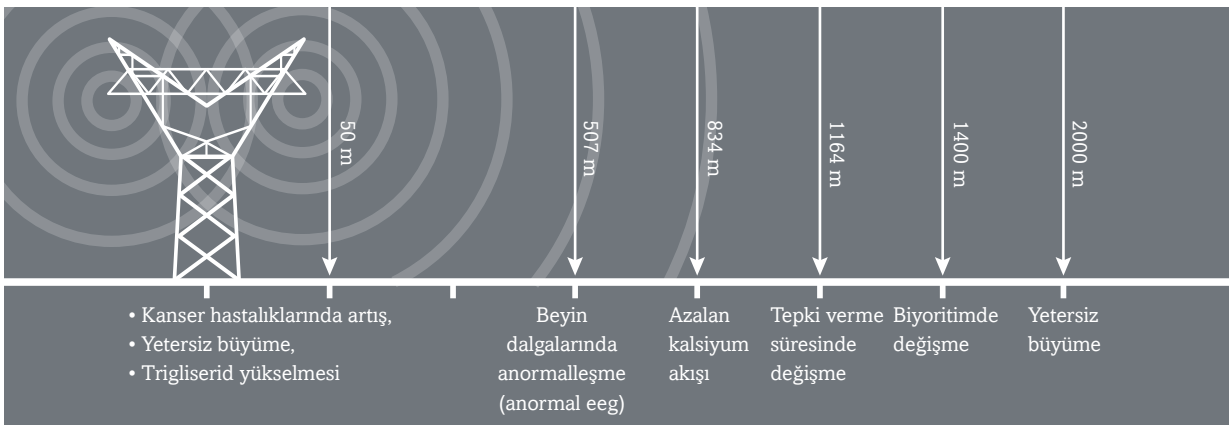
Görsel 1.89: *Manyetik raylı hızlı tren (MAGLEV)*



Görsel 1.90: *Bir elektromekanik kapı zilinin çalışması.*

deki yüklü taneciklerin hareketinden de kaynaklanır. Canlıların kendi iç manyetik alanı ile Dünya'nın oluşturduğu manyetik alana canlı bünyesi uyum sağlamış durumdadır. Bazen bu uyum yüksek gerilim hatları ya da başka güçlü manyetik alan kaynaklarından dolayı bozulabilmektedir. Manyetik alanların insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkileri konusunda tartışmalar olmakla birlikte bu alanların uyku düzeninden, stres düzeyine; bağışıklık sisteminden, DNA yapısına kadar her şeyi etkilediği de belirtilmektedir.

Peki yüksek gerilim hatlarından etkilenmemek için güvenli bir mesafe var mıdır? Dünyanın farklı yerlerinde yüksek gerilim hatlarına yaklaşıldıkça kanser ve diğer sağlık sorunları riskinin arttığını gösteren birçok çalışma bulunmaktadır ***(Görsel 1.91)***.



Görsel 1.91: *765 kV'luk yüksek gerilime sahip enerji nakil hattının belli mesafelerde oluşturduğu manyetik alanlarda gözlenen biyolojik etkiler.*

Bunları biliyor musunuz?

İyonlaştırıcı olmayan radyasyon uyarı logosu

Manyetik alanlar iyonlaştırıcı olmayan radyasyon türlerinden sadece bir tanesidir. Ülkemizde iyonlaştırıcı olmayan radyasyonun insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasını esas alan kriterler 24.07.2010 tarih ve 27651 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır.

https://bit.ly/3r8NFKo

Araştırmalara göre yüksek gerilim hatları çocuklarda lösemi ya da beyin kanserine neden olmaktadır. 1988 ve 1991'de ABD'de; 1992'de İsveç ve Meksika'da; 1993'te Danimarka'da yapılan araştırmalar, çocuklarda görülen kanserlerle, özellikle de lösemiyle, iletişim hatlarına yakın yaşama arasında bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Finlandiya'da yapılan araştırmalarda elektromanyetik alanların çok sık etkisinde kalan endüstriyel donanım işçileri, telefon hattı işçileri, elektrik santralleri ve trafo merkezlerinde çalışan işçilerin alzaymır hastalığına normal insanlara göre erkeklerde 4-9 kat, kadınlarda 3-4 kat daha çok yakalandığı görülmüştür. Enerji iletim hatlarına 40 m'den daha yakın yaşayan çocukların normal çocuklara göre 2-3 kat daha fazla kansere yakalandığı, Finlandiya'da yapılan bir başka araştırmada ise erkek çocukların merkezi sinir sisteminde oluşan tümörlerle iletim hatları arasında ilişki olduğu sonucuna varılmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından yapılan araştırmalar, yüksek gerilim hatlarından dolayı oluşan manyetik alanların baş ağrısı, yorgunluk, uykusuzluk, karıncalanma, kurdeşen ve kas ağrısı gibi sorunlara yol açabileceğini göstermektedir.

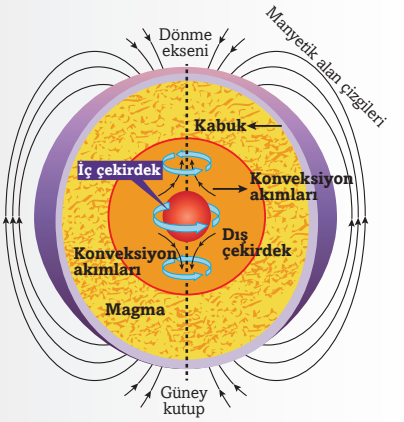
Manyetik Dünya

Bugüne kadar hiç kimse dünyanın merkezine bir yolculuğa çıkabilmiş değildir. Ancak depremlerin şok dalgalarının gezegen boyunca ilerlemesini inceleyen bilim insanları, manyetik alana kaynaklık ettiğini düşündükleri yerkürenin iç yapısını anlamaya çalışmışlardır. Dünya'nın manyetik alanının var oluş sebebini açıklamaya çalışan farklı görüşler olsa da bu konuda günümüze kadar tutarlı bir teori oluşmuş değildir.

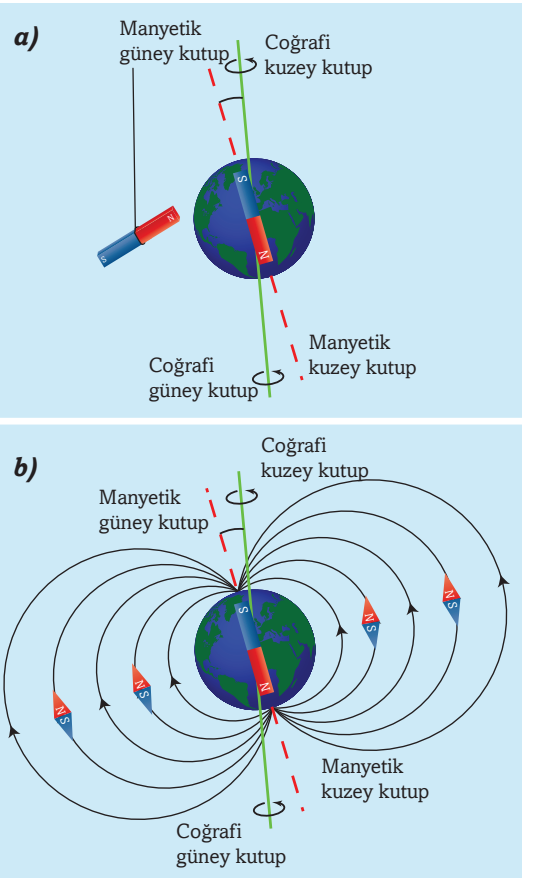
Ortasından iplikle asılan bir çubuk mıknatıs, yatay düzlemde bir süre ileri geri salınım hareketi yaptıktan sonra yaklaşık kuzey-güney doğrultusunu alarak durur ***(Görsel 1.92.a)***. Bu olay, asılı mıknatısın bir manyetik alanın etkisinde olduğunu gösterir. Olayın sebebi Dünya'nın merkezinde çok büyük bir çubuk mıknatısın varlığından kaynaklanırcasına uzaya uzanan manyetik alanla çevrili olmasıdır. Gerçekte Dünya'nın merkezinde böyle bir çubuk mıknatıs yoktur. Bu, Dünya'nın manyetik alanını anlaşılır hâle getirmek için kullanılan bir modeldir ***(Görsel 1.92.b)***.

Daha önceden de belirtildiği gibi şekli, yapısı ve çekim etkisi ne olursa olsun tüm mıknatısların biri kuzey, diğeri güney olmak üzere iki kutbu vardır. Her mıknatısın kuzey kutbu başka bir mıknatısın güney kutbu tarafına çekilir. Dünya, bu şekilde mıknatıslarla etkileşime girebilen bir mıknatıs gibi davranır. Dolayısıyla bir pusula ibresinin kuzey ucu, Dünya'nın manyetik alanı ile hizalanır. Dünya'nın manyetik güney kutbu pusula ibresinin kuzey ucunu çekeceğinden, sadece gezegenimizin manyetik alanının etkisinde kalan bir pusula kuzeyi gösterecektir. Bu kuzey "gerçek kuzey" olarak adlandırılan coğrafi kuzey değildir. Bunun sebebi, Dünya'nın manyetik güney kutbunun coğrafi kuzey kutbu ile aynı olmamasıdır. Manyetik güney kutbu, Kanada'daki gerçek kuzeyin yaklaşık 1500 km güneyindedir. Coğrafi ve manyetik kutupların farklı yerlerde olması özellikle uzun mesafelerde varılacak hedeften sapmalara yol açar. Bu durum deniz yolu ulaşımında gemi kaptanlarının, hava yolu ulaşımında uçak pilotlarının işlerini zorlaştırır. Bu zorluk, yerel manyetik haritalar ve kalibrasyon grafikleri yardımıyla sapma düzeltmesi yapılarak aşılmaktadır. Pusula kullanan kaptan ve pilot için işleri daha da zorlaştıran bir başka husus da manyetik kuzey kutbunun sabit bir nokta olmamasıdır. Dünyanın manyetik alanı değiştikçe manyetik kuzey kutbu hareket eder.

Bunları biliyor musunuz?



Dünyanın manyetik alanının kaynağının çekirdekteki yüklü parçacıkların konveksiyon akımları olduğu, bilim dünyasında en çok kabul gören görüştür.

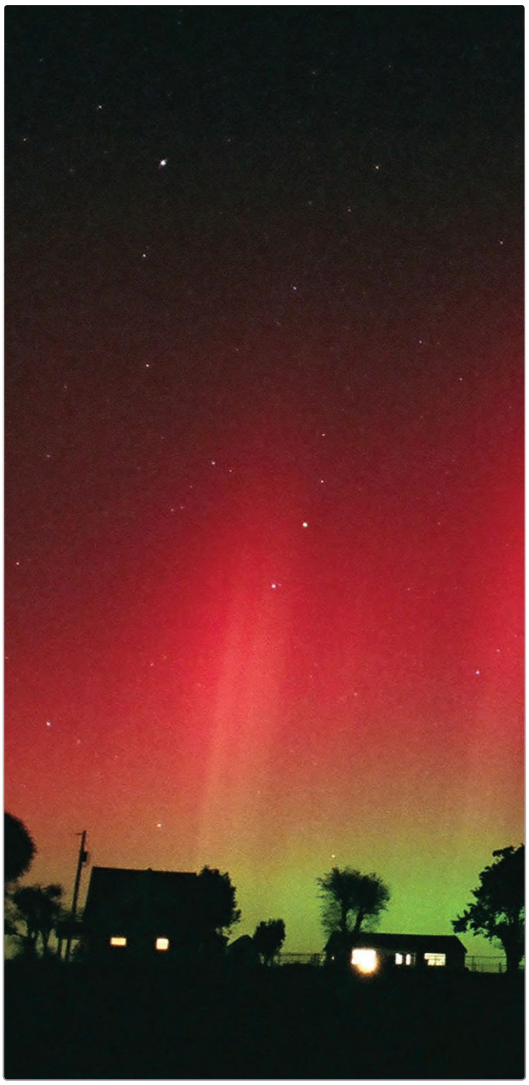


Görsel 1.92: a) *Ortasından iplikle asılan bir çubuk mıknatıs Dünya'nın manyetik alanıyla aynı hizaya gelir.* ***b)*** *Pusula iğneleri her noktada Dünya'nın manyetik alan çizgileri ile hizalanır.*

Bunları biliyor musunuz?

Dünyanın manyetik alan şiddeti aslında uzun periyotlarda artıp azalıyor. Manyetik kutuplar sürekli hareket ediyor. Bunun için endişelenmeye gerek yok. Dünya'nın manyetik alanı, gezegenin tarihinde yüzlerce kez zayıfladı, ortadan kayboldu ve tersine döndü. Ayrıca günümüzde küresel konumlama sistemi olan GPS kullanımı daha yaygın hâle geldiğinden, kutupların hareketi artık çok önemli değildir.

https://bit.ly/3wvOjFP



Görsel 1.93: *Kutup ışıkları (aurora)*

Dünya'nın manyetik alanı yeryüzünü Güneş'in yaydığı yüksek enerjili yüklü parçacıklardan (güneş rüzgârları) ve bu parçacıkların ivmelenmesiyle oluşan zararlı ışınlardan bir kalkan gibi korur. Aksi hâlde atmosferde radyasyon yoğunlaşması ve atmosfer erozyonu yaşanacağından Dünya'daki sağlıklı yaşam tehdit altında olurdu.

Ayrıca Güneş'ten yayılan yüklü parçacıklar Dünya'nın manyetik alanının etkisiyle kutuplara yönelir. Bu bölgelerde atmosferdeki gazlarla etkileşerek kutup ışıkları (aurora) adı verilen doğal ışımalar meydana getirir ***(Görsel 1.93)***.

Birçok hayvan, Dünya'nın manyetik alanına pusula gibi tepki gösteren doğal bir yeteneğe sahiptir. Örneğin bir deniz kaplumbağası beynindeki manyetik özellikli mineral sayesinde Dünya'nın manyetik alanını algılar ve bunu geçiş yollarında kaybolmamak için kullanır ***(Görsel 1.94)***. Bir alanda otlamakta olan ineklerin kendilerini Dünya'nın manyetik alanı ile hizalama eğiliminde oldukları belirlenmiştir. Birçok göçmen kuş türü, yunus ve balinanın beyinlerindeki bazı atom ve moleküller küçük birer mıknatıs gibi davranır. Bu sayede Dünya'nın manyetik alanını hisseden canlılar yönlerini şaşırmaz. Bal arıları, nektar ve polen bakımından zengin bir çiçek yatağı bulduğunda oraya gitmek ve oradan dönmek için harekete geçtiğinde aktive olan doğal bir pusulaya sahiptir. Benzer şekilde bakteriler, termitler, ıstakozlar, semenderler, fareler ve yarasalar da Dünya'nın manyetik alanına duyarlı canlılardır.

Görsel 1.94: *Deniz kaplumbağaları kilometrelerce yol kat ettikten sonra daha önce yumurtladıkları yere geri dönmek için Dünya'nın manyetik alanını kullanır.*

Dünya'nın manyetik alanından insanlar pusula aracılığıyla navigasyon amaçlı yararlanır. Dünya'nın manyetik alanı etkisiyle çalışan pusulayla yön bulma becerisi kazanmak için 71. sayfadaki etkinliği yapınız.

ETKİNLİK 1.6

Pusula ile Yön Bulma

Araç ve Gereçler

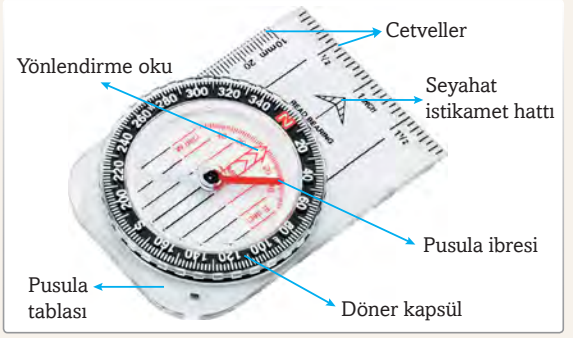
- harita pusulası
- harita
- kalem

Etkinliğin Amacı

Haritada pusula yardımıyla yön bulmayı kavramak ve pusulayı arazide kullanmak.

Uyarı

Pusula kullanırken pusulanın yakınındaki demir, çelik, nikel ve kobalt maddelerinden etkileneceğini unutmayınız.



Bunları Yapınız

• Haritayı düz bir zemin üzerinde açınız. Pusula tablasındaki ölçekli cetveli kullanarak bulunduğunuz nokta ile hedef arasındaki kuş uçuşu mesafeyi ölçünüz.

• Ölçtüğünüz mesafeyi haritanın ölçeğini göz önüne alarak gerçek yola çeviriniz.

• Pusulanın seyahat istikamet hattını harita üzerinde hedef doğrultusuyla çakıştırınız. Bu sırada pusulanın döner kapsülünü çevirerek pusula ibresini yönlendirme okuyla üst üste getiriniz.

• Pusula ibresinin yönlendirme okuyla çakışık olduğu doğrultu ile istikamet hattı arasındaki açıyı (kerteriz açısı) pusuladan okuyunuz.

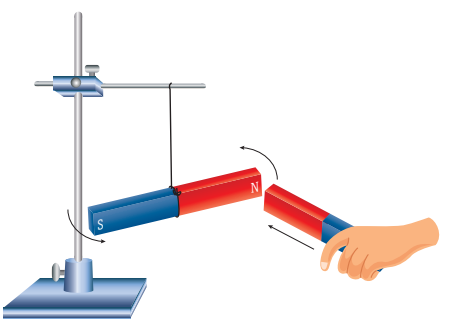
• Pusulayı yere paralel tutmak kaydıyla bu açıyı koruyarak belirlediğiniz yolu kat ediniz ve hedefinize ulaşınız.

Soruları Cevaplayınız

• Bir pusula ile sadece kuzey yönü mü yoksa tüm ana ve ara yönler bulunabilir mi? Açıklayınız.

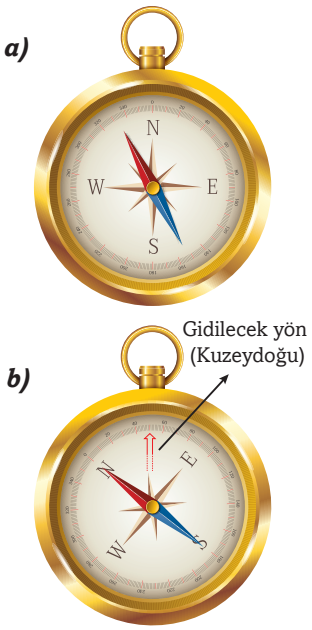
• Pusula ile yön bulma bilgi ve becerisine sahip olmanın bir insan için gerekli olduğunu düşünüyor musunuz? Neden?

Serbestçe dönebilecek biçimde ortasından iplikle asılmış bir çubuk mıknatıs düşününüz. Bu mıknatısa başka bir mıknatıs yaklaştırıldığında yakın kutupların cinsine bağlı olarak asılı durumdaki mıknatıs belli bir yönde dönerek dengeye gelir ***(Görsel 1.95)***. Bir pusulanın çalışması da bu uygulamayla aynıdır. Aradaki tek fark ise pusulanın mıknatıs olan iğnesinin başka bir mıknatıs değil Dünya'nın manyetik alanı etkisiyle sapmasıdır. Bir pusulanın yakınında manyetik bir madde yoksa pusula nerede olursa olsun hep Dünya'nın manyetik alanı yönünde hizalanır. Pusulanın yer değiştirmesi kuzeye yönelmesini engellemez.



Görsel 1.95: *Asılı mıknatıs, yaklaştırılan başka bir mıknatısın etkisiyle dönerek dengeye gelir.*

Dünya'nın manyetik alanı, bir çubuk mıknatısın manyetik alanından, hatta buzdolabı üzerine yapıştırdığınız basit mıknatısların alanından daha zayıftır. Bu sebeple pusula yakınına herhangi bir



Görsel 1.96: *Pusula ile hareket yönü tayini*

kalıcı mıknatıs getirildiğinde, pusula iğnesi Dünya'nın manyetik alanından ziyade o mıknatısın manyetik alanı ile hizalanır. Pusula kullanırken bu hususun göz önüne alınması, doğru yönü bulma açısından oldukça önemlidir.

Dünya'nın manyetik kuzey kutbu, coğrafi güney kutbu yakınına; manyetik güney kutbu da coğrafi kuzey kutbu yakınına yerleşmiştir. Bu durumda pusula ibresinin kuzey kutbu, Dünya'nın manyetik güney kutbu tarafından çekilir ve pusula ibresinin kuzey kutbu, Dünya'nın coğrafi kuzeyini yaklaşık işaret eder. Ormanda kaybolmuş biri yanında bulunan pusulayı bu bilgiler doğrultusunda kullanmayı biliyorsa yönünü bulup evine kolayca dönebilir. Varsayalım ki kişi kuzeydoğu yönünde gitmek istesin. Bunun için pusula yatay konuma getirilir ve ibresinin dengeye gelmesi beklenir. Yine varsayalım ki dengeye gelmiş pusula ibresi ***Görsel 1.96.a***'daki konumu almış olsun. Bu durumda pusulanın döner kapsülü, pusula ibresinin kırmızı ucu (N kutbu) kadran üzerinde yazılı olan N ile çakışacak şekilde döndürülür. Pusulaya göre kuzeydoğu yönü belirlenerek istenilen istikamete doğru yol alınır ***(Görsel 1.96.b)***. Dünya'nın manyetik alanıyla çalışan pusula yardımıyla olası olumsuz sonuçlardan kurtulmak, fiziğin bireye yaşam becerisi kazandırması bakımından önemli bir örnek olarak değerlendirilebilir.

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

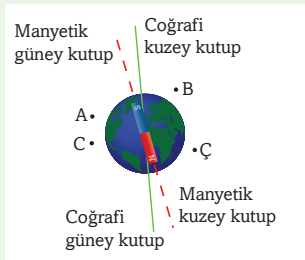
- **Elektromıknatıs** ve **pusula**yı kendi cümlelerinizle tanıtınız.
- Pusulanın nasıl kullanıldığını konu edinen bir paragraf yazınız.

AÇIKLAYINIZ

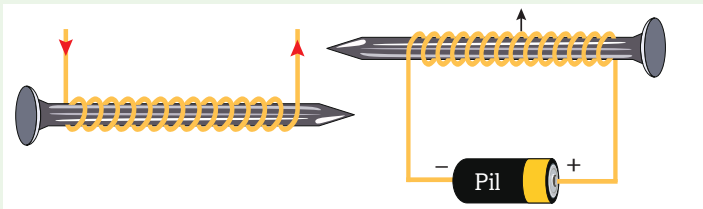
1. Bir elektromıknatısın manyetik alan şiddetini etkileyen faktörleri açıklayınız.
2. Dünya'nın manyetik alanının sonuçlarından üç tanesini açıklayınız.
3. Elektromıknatısların kullanım alanlarına örnekler veriniz.

UYGULAMA

4. Dünya'nın coğrafi ve manyetik kutupları şekil üzerinde gösterilmiştir. Buna göre A, B, C ve Ç ile gösterilen noktalara konulan pusula iğnelerinin nasıl konumlanacağını defterinize çiziniz.



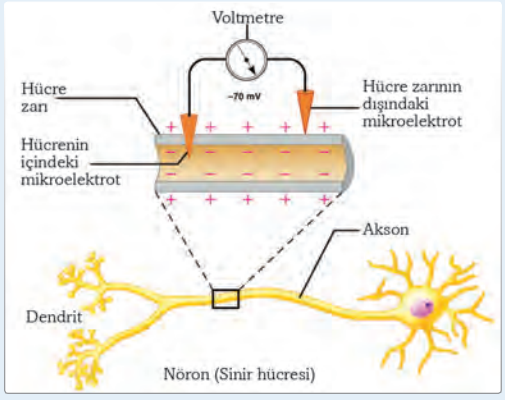
5. Şekillerde verilen elektromıknatısların kutuplarını gösteriniz..



Elektrik Akımı ve Sinir Sistemi

Elektriksel potansiyel farkı ve elektrik akımı hayvanların sinir sistemlerinde hayati bir öneme sahiptir.

Sinir uyarılarının iletilmesi, metallerdeki gibi basit bir süreç olmasa da temel olarak bir elektriksel işlemdir. Bir uyarı olduğunda sinir hücresinde başlayan akım bir bakır teldeki gibi elektron hareketine dayanmaz. Akım, sinir hücresinin zarından iyonların (yüklü parçacıklar) değişimi ile elde edilir. Zarın dışındaki net pozitif yük âdeta bir sodyum-potasyum pompası ile üretilir. Zar potansiyeli, bu Na^+ ve K^+ iyonlarının hücre zarındaki kontrollü geçişinin yanında hücre içinde bulunan sülfat, fosfat, klor ve diğer negatif yüklü iyonlar tarafından oluşturulur. Böyle bir nöronun kutuplandığı söylenir. Uyarılma sırasında uyarının meydana geldiği sinir hücresinin sadece küçük bir bölgesindeki kutuplanma bozulur ve bu bozulma sinir boyunca domino tarzında hareket ederek uyarıların iletilmesini sağlar ***(Görsel 1.97)***.



Görsel 1.97: *Uyartılar elektriksel sinyallerden ibaret sinirsel impulslar yoluyla nöronlar boyunca iletilir.*

Sinir uyarıları bir nörondan (sinir hücresi) diğerine elektriksel sinyaller şeklinde gider. Her nöron, dendrit olarak adlandırılan kısa ipliksi çıkıntı ve akson denen daha uzun yapıdan oluşur. Elektriksel sinyaller bir nöronun dendritleri tarafından alınır ve akson boyunca bitişik nöronların dendritlerine iletilir. Aksonlar ve dendritler aslında birbirine dokunmaz. Aralarında sinaps olarak adlandırılan bir boşluk vardır. Elektriksel sinyal bu boşluğu enerji değişimleri yoluyla (Buna potansiyel farkı denilebilir.) atlar. Elektrik akımı akson ucunda kimyasalların salınmasına neden olur. Bu kimyasallar, sinaps boyunca akar ve bir sonraki nöronun dendritine kilitlenerek burada yeni bir elektrik sinyali üretilir.

Eleştirel Düşünme: *Biyolojik sistemlerde elektrik yüklerinin sinir uyarılarının iletilmesinin dışında başka biyolojik süreçlere de dahil olduğunu düşünüyor musunuz? Tartışınız.*

Elektrik Akımı ve Sağlık

Vücudun elektrik akımını ölçen veya vücuda elektrik akımı gönderen birçok ürün ve yöntem geliştirilmiştir. Doktorlar kalbin elektrik aktivitesini ***Görsel 1.98***'de gösterildiği gibi bir elektrokardiyograf kullanarak ölçer. Gerilim, Einthoven (Ayındovın) üçgeni olarak bilinen, vücut üzerindeki üç farklı yere yerleştirilen uçlar arasında ölçülür Elektrokardiyogram, voltaj dalgalanmalarının zamana bağlı değişimini gösteren bir grafiktir. Kalbin doğal elektrik akımları, enfarktüs veya kalp krizi sırasında bozulduğunda doktorlar, yüksek voltajlı şok uygulayarak kalbin doğal ritmine dönmesini sağlar.

Görsel 1.98: *Elektrokardiyograf*

Eleştirel Düşünme: • *Bir doktorun fizik bilgisine başka hangi alanlarda da ihtiyacı olacağını düşünüyorsunuz? Tartışınız.*

• *Omuriliği hasar görmüş birini düşününüz. Böyle birini sosyal hayatın içerisinde tutmak için tekerlekli sandalyeden başka elektrik akımıyla çalışan ne tür araçların tasarlanabileceğini düşününüz.*

1. ÜNİTE DEĞERLENDİRME SORULARI

DOĞRU-YANLIŞ SORULARI

Aşağıdaki cümlelerin başına yargılar doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (...) Herhangi bir iletkenin kesit alanı artarsa direnci de artar.

2. (...) Pilin elektrik devresindeki görevi, devreye sürekli yeni elektronlar sağlamaktır.

3. (...) Bir elektrik motorunun temel parçalarından biri de mıknatıstır.

4. (...) Yüklü taneciklerin hareketi sonucunda manyetik alan oluşur.

5. (...) Tek kutuplu bir mıknatıs elde edilebilir.

BOŞLUK DOLDURMA SORULARI

Cümleleri kutucuklarda verilen ifadeleri kullanarak tamamlayınız.

- paralel
- öz direnç
- devre kesici
- manyetik alan çizgileri
- magnetik etki
- çubuk mıknatıs

1. Bir mıknatısın ..... her zaman kapalı bir halka oluşturur.

2. Evinizin farklı bölümlerindeki ampuller birbirine ..... bağlıdır.

3. Elektromekanik kapı zilinin çalışması elektrik akımının ..... ile gerçekleşir.

4. Elektrik tesisatlarını koruma yöntemlerinden biri de ..... kullanımıdır.

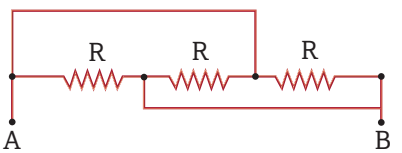
5. Dünya'nın manyetik alanı bir ..... ürettiği manyetik alana benzer.

AÇIK UÇLU SORULAR

1. Bir tel 21 Ω'luk dirence sahiptir. Bu tel eritilerek orijinal hâlinden üç kat daha uzun yeni bir tel hâline getiriliyor. Yeni telin direnci nedir? (Telin ilk durumundaki sıcaklığı ile son durumdaki sıcaklığı aynıdır.)

2. Aynı maddeden yapılmış ve aynı uzunluğa sahip altı parça elektrik kablosu vardır. Parçalardan üçünün çapı 2'şer mm, diğer üçünün ise 4'er mm'dir. Bu kablolarla uç uca ekleme, birbirine paralel hâle getirme ya da karışık bağlama şeklinde üçlü düzenlemeler yapılıyor. Hangi üç telli düzenleme elektrik akımına en az direnç gösterir?

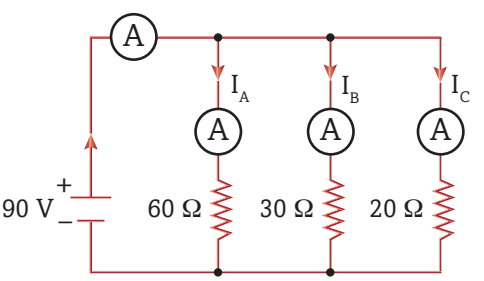
3.



Şekildeki devre parçasının eşdeğer direnci kaç R'dir?

4. 5 Ω'luk bir direnç, paralel bağlanmış n tane 6 Ω'luk dirence seri bağlanıyor. Eşdeğer direnç 7 Ω olduğuna göre n değeri kaçtır?

5.



60 Ω, 30 Ω ve 20 Ω'luk üç direnç 90 V'luk bir üretece paralel bağlanmıştır. Buna göre;

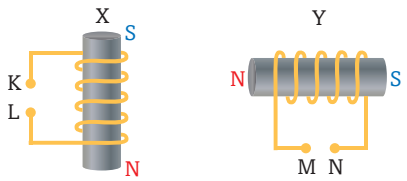
a) Her bir direnç üzerinden geçen akım şiddeti kaç amperdir?

b) Devrenin eşdeğer direnci kaç Ω'dur?

c) Üreteç üzerinden geçen akım şiddeti kaç A'dir?

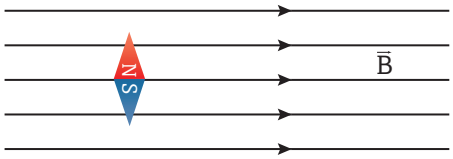
6. Öz dirençleri oranı $\rho_x/\rho_y = 2/3$ ve boyları oranı $l_x/l_y = 3/4$ olan eşit kesit alanına sahip iletkenlerin dirençleri oranı (R_x/R_y) kaç olur?

7.



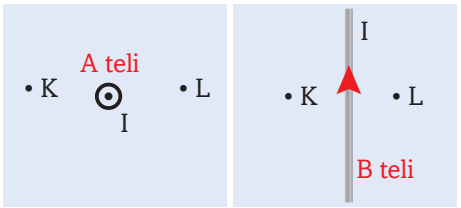
X ve Y elektromıknatıslarının şekilde gösterilen kutuplarını göz önüne alarak K - L ve M - N noktalarına bağlı pillerin şematik gösterimini çiziniz.

8.



Serbestçe dönebilen bir pusula iğnesi şekildeki gibi durmaktayken kendisine dik olacak biçimde bir manyetik alana maruz kalıyor. Manyetik alan pusula iğnesinin hareket kazanarak dönmesine yol açar mı? Nasıl?

9.



Üzerinden akım geçen şekildeki A ve B tellerinin K ve L noktalarında oluşturduğu manyetik alanların yönünü gösteriniz.

10. Elinizde mıknatıs olan ve olmayan üç demir çubuk vardır. Her çubuğun bir ucu siyah, diğer ucu beyaz renge boyanmıştır. Bu çubuklarla üç deney yaparak aşağıdaki sonuçları gözlemliyorsunuz:

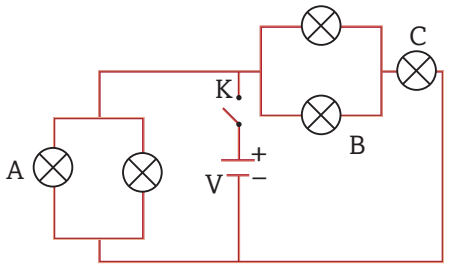
I. A çubuğunun siyah ucu B çubuğunun beyaz ucunu itiyor.

II. A çubuğunun beyaz ucu, C'nin beyaz ucunu çekiyor.

III. B çubuğunun beyaz ucu C'nin beyaz ucunu çekiyor. Buna göre C çubuğunun bir mıknatıs olduğu söylenebilir mi? Açıklayınız.

ÇOKTAN SEÇMELİ SORULAR

1. Özdeş ampullerin bağlı olduğu devrede K anahtarı kapatılıyor.



Buna göre A, B ve C ampullerinin parlaklıkları arasındaki ilişki nasıl olur?

A) A > B > C B) C > A > B
C) A = B = C D) A > C > B
E) C > A = B

2. Bir elektrik devresi ile ilgili olarak,

I. İçinde elektrik alan kurulan iletken telden akım geçer.

II. Elektrik akımı yaklaşık ışık hızı ile iletilir.

III. Elektrik akımını oluşturan yük taşıyıcıları yaklaşık ışık hızı ile hareket eder.

yargılarından hangisi doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) Yalnız III D) I ve II
E) I ve III

3. 3 Ω, 6 Ω ve 9 Ω'luk üç direnç 9 V'luk bir üretece paralel bağlanıyor. Buna göre,

I. 9 Ω'luk direnç üzerinden geçen akım 3 Ω direnç üzerinden geçen akımın üç katıdır.

II. Her direncin uçları arasındaki potansiyel farkı aynıdır.

III. 9 Ω'luk direncin gücü diğer iki direncin her birinin gücünden daha fazladır.

yargılarından hangisi doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve III D) II ve III
E) I, II ve III

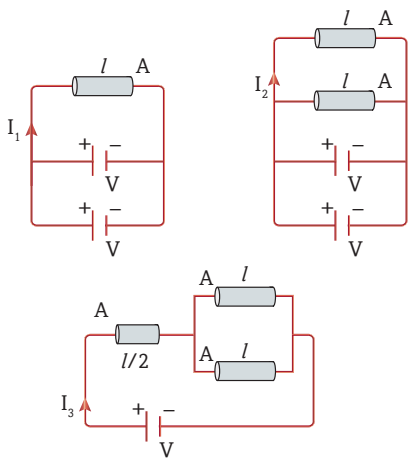
4. *l* uzunluğundaki bir iletken telin direnci R'dir. Bu tel eritildikten sonra aynı sıcaklıkta ve *l*/3 uzunluğunda yeni bir tel hâline getiriliyor. **Bu yeni telin direnci kaç R'dir?**

A) 1/9 B) 1/3
C) 1 D) 3
E) 9

5. Paralel bağlanan R_1 ve R_2 dirençlerinin eşdeğer direnci 10 Ω oluyor. **Buna göre R_1 ve R_2 dirençleri ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?**

A) Hem R_1'in hem de R_2'nin direnci 10 Ω'dan büyüktür.
B) Hem R_1'in hem de R_2'nin direnci 10 Ω'a eşittir.
C) Hem R_1'in hem de R_2'nin direnci 10 Ω'dan küçüktür.
D) R_1 ve R_2'nin dirençleri toplamı 10 Ω'dur.
E) Dirençlerden biri 10 Ω'dan büyük diğeri küçüktür.

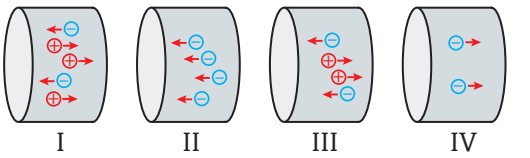
6. Boy ve kesit alanları şekil üzerinde verilen bakır tellerin kullanıldığı devrelerde üreteçlerin iç dirençleri önemsizdir.



Buna göre, akım değerleri I_1, I_2 ve I_3 arasındaki ilişki nasıl olur?

A) $I_1 = I_2 = I_3$ B) $I_1 < I_2 < I_3$
C) $I_2 > I_1 = I_3$ D) $I_3 > I_2 = I_1$
E) $I_3 < I_2 = I_1$

7.



Farklı ortamlardaki yüklü taneciklerin eşit büyüklükte hıza sahip hareketleri şekil üzerinde gösterilmiştir. **Buna göre ortamlarda oluşan elektrik akımlarının büyükten küçüğe sıralanışı hangi seçenekte doğru verilmiştir?**

A) I > II > III > IV B) I > II = III > IV
C) II > I > III >IV D) II > IV > I > III
E) II > IV > I = III

8. 45 W ve 60 W'lık ampullere ayrı ayrı 220 V'luk gerilim uygulanıyor. Buna göre aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) 45 W'lık ampul daha büyük akım taşır ve daha yüksek dirence sahiptir.
B) 45 W'lık ampul daha büyük akım taşır ancak 60 W'lık ampul daha yüksek dirence sahiptir.
C) 45 W'lık ampul daha yüksek dirence sahiptir ancak 60 W'lık ampul daha büyük akım taşır.
D) 60 W'lık ampul daha büyük akımı taşır ve daha yüksek dirence sahiptir.
E) 60 W'lık ampul daha düşük dirence sahiptir ve daha düşük akım taşır.

9.
- Bir mıknatıs
- Dünya
- Durmakta olan yüklü parçacık
- Üzerinden akım geçen tel
- Bir devreye bağlı olmayan pil
- Bir demir parçası
- Herhangi bir metal parçası

Yukarıdakilerden kaç tanesi manyetik alan üretir?

A) 2 B) 3 C) 4
D) 5 E) 6

10. I. Güneşin yaydığı yüklü parçacıklar
II. Dünya'nın kendisi
III. Ay

Dünya'nın etrafındaki koruyucu manyetik alanın kaynağı yukarıdakilerden hangisidir?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve II D I ve III
E) I, II ve III

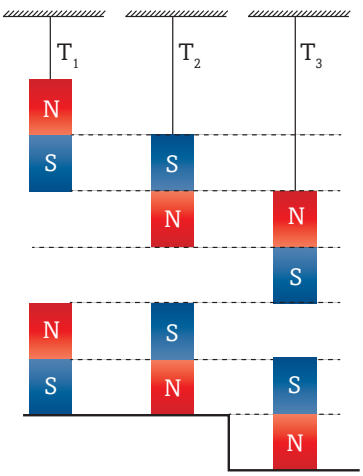
11. I. Büyük gerilim kullanma
II. İletkenleri izolasyonlu kullanma
III. Topraklı prizler kullanma

İfadelerinden hangisi elektrik devrelerinde birer güvenlik önlemi olarak değerlendirilebilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve II D) II ve III
E) I, II ve III

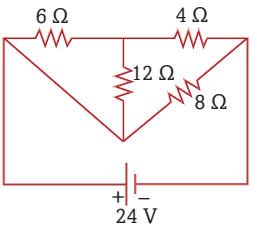
12. Özdeş mıknatıslarla oluşturulan üç düzenek şekilde verilmiştir. Her bir düzenek dengede olduğuna göre,

iplerdeki gerilmelerin büyüklüklerini gösteren T_1, T_2 ve T_3 arasındaki ilişki nasıl olur (Aralıklar eşittir.)?



A) $T_1 > T_2 > T_3$ B) $T_2 > T_1 > T_3$
C) $T_1 > T_2 = T_3$ D) $T_3 > T_2 > T_1$
E) $T_1 < T_2 = T_3$

13. İç direnci önemsiz üretecin uçlarına şekildeki gibi dört direnç bağlanmıştır.



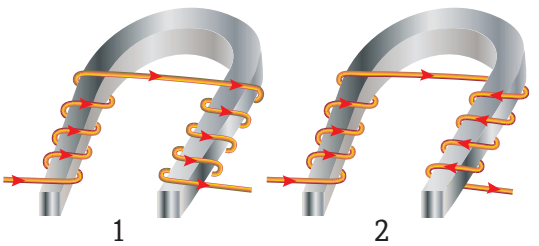
Buna göre, 4Ω luk direncin gücü kaç W'tır?

A) 72 B) 44 C) 36
D) 18 E) 9

14. Akım taşıyan bir telin oluşturduğu manyetik alan kuvvet çizgileriyle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Telin etrafında çembersel ilmekler hâlindedir.
B) Telden uzaklaştıkça etkisi azalır.
C) Telden geçen akım değiştiğinde ortaya çıkar.
D) Akımın büyüklüğüne bağlıdır.
E) Akımın yönü alanın yönünü etkiler.

15.



At nalı biçimindeki iki demir parçası üzerine eşit sarımlı iletken tellerden şekilde verilen yönlerde akımlar geçiyor.

Buna göre,
I. Her iki demir parçası elektromıknatıs hâline gelir.
II. Yalnız 1 numaralı şekildeki demir parçası mıknatıslanır.
III. Yalnız 2 numaralı şekildeki demir parçası mıknatıslanır.

Yargılarından hangisi doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) Yalnız III D) II ve III
E) I, II ve III

2. ÜNİTE

BASINÇ VE KALDIRMA

KUVVETİ

Maddenin bilinen dört hâli vardır: katı, sıvı, gaz ve plazma. Evreni büyük oranda plazma doldurur. Yeryüzünde ise katı, sıvı ve gaz maddeler çoğunluktadır.

Maddenin özellikle katı, sıvı ve gaz hâllerinin temel özelliklerinin anlaşılması, mühendislik ve tıp başta olmak üzere bütün bilimlerde önemlidir. Kuvvet, katı maddeler tarafından uygulandığı doğrultuda ve büyüklüğü değiştirilmeden iletilir. Katıların sahip olduğu bu özellik, kuvvetin etkisinin belli mesafelere değiştirilerek ulaştırılmasına imkân sağlar. Kocaman iş makinelerinde tekerlek yerine paletlerin tercih edilmesi, iki parçayı birleştirmede kullanılan çiviler, dikiş iğneleri ve sağlık alanında kullanılan enjeksiyon iğneleri katıların kuvvetin etkisini değiştirme özelliğinin (basıncın) en çok bilinen uygulamalarıdır. Peki, basınç nedir, hangi faktörlere bağlıdır?

Sıvılar ve gazlar belli bir şekle sahip olmama, yığın durumuna gelmeme gibi aynı ya da benzer özelliklerinden dolayı genellikle akışkan olarak birlikte incelenir. Evlerinize verilen gaz ve su, birkaç ortak özelliğe sahip olan akışkanlardır.

Katılar ağırlıklarından dolayı sadece üzerinde bulundukları düzlemde bir basınç oluşturdukları hâlde, gazlar ve durgun sıvılar, içinde bulundukları kabın temas ettikleri her noktasında basınç oluşturur.

Sıvıların herhangi bir noktasında oluşturulan basınç değişikliği sıvının her yerine aynen iletilir. Bu özellikten gemilerden uçaklara, otomobil fren sistemlerinden balonlara kadar çok geniş bir alanda yararlanılmaktadır. Bileşik kaplar, su cendereleri ve hidrolik sistemler sıvıların basıncı iletme özelliğine göre çalışan düzeneklerdir.

Basınç altındaki sıvılar iş yapabilir. Bu sayede damarlarınızda akan kan, besin maddelerini ilgili yapılara taşır.

Atmosferi oluşturan moleküller de dahil olmak üzere havada uçuşan balonlara, uçurtmalara, kuşlara ve uçaklara olduğu gibi suda yüzen balıklara, gemilere ve kayıklara da Dünya'nın merkezine doğru (aşağı yönde) bir çekim kuvveti etki eder. Bu çekim kuvvetine rağmen sudaki varlıkların su dibine batmasını, havadaki varlıkların yere düşmesini önleyen kuvvetin kaynağı nedir? Yandaki görselde verilen yelkenli sörf sporunu yapan sporcuların yararlandığı Bernoulli (Bernolli) İlkesi nasıl açıklanır? Bu temel ilkeden yararlanmak için ulaşım araçlarının tasarımında hangi hususlar göz önüne alınır?

Bu bölümde basınç kavramı ve basıncın katı, sıvı ve gazlarda hangi faktörlere bağlı olduğu öğrenilecektir. Akışkanların ve akışkan içinde hareket eden cisimlerin hızıyla basıncı arasındaki ilişki keşfedilecektir. Basıncın hâl değişimine etkisi incelenip kaldırma kuvveti açıklanacaktır.

BÖLÜMLER

2.1. Basınç

2.2. Kaldırma Kuvveti

2.1. BASINÇ

Konular

- Basınç Nedir?
- Katıların Basıncı
- Durgun Sıvıların Basıncı
- Hareketli Akışkanlarda Basınç: Bernoulli (Bernolli) İlkesi

Görsel 2.1: *Yaklaşık $5 \cdot 10^6$ N ağırlığındaki bir ekskavatörde neden tekerlek yerine zincir paletler tercih edilir? Bu ekskavatörün toprak yüklediği damperli kamyonda oldukça geniş tekerlekler kullanmanın yararı nedir?*

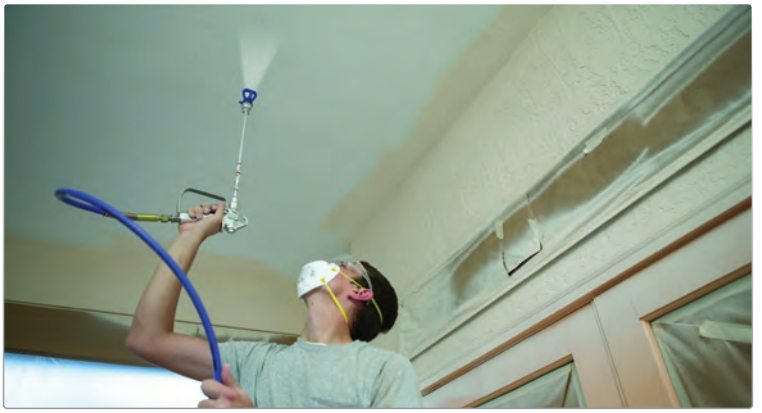
Anahtar Kavramlar

- katı basıncı
- basınç kuvveti
- akışkan basıncı
- Pascal Prensibi
- Bernoulli İlkesi

Görsel 2.2: *İçindeki hava boşaltıldıktan sonra hava sızdırmayacak şekilde bir araya getirilen iki yarım küre çok sayıda atın uyguladığı çekme kuvvetine rağmen birbirinden ayrılmıyor. Kürelerin ayrılmasını engelleyen etki nedir?*

Bölüm Bittiğinde Yapabileceksiniz

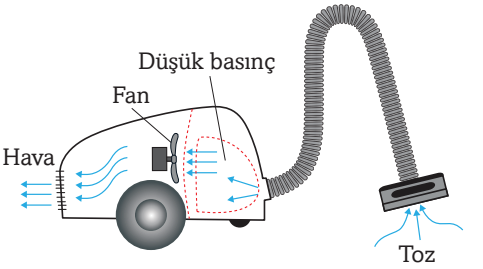
- Basınç ve basınç kuvveti kavramlarının katı, durgun sıvı ve gazlarda bağlı olduğu değişkenleri açıklayabileceksiniz.
- Akışkanlarda akış sürati ile akışkan basıncı arasında ilişki kurabileceksiniz.



Görsel 2.3: *Fotoğrafta bir odanın tavanının püskürtücü boya tabancası kullanılarak boyandığı görülmektedir. Püskürtücü boya tabancaları nasıl çalışır? Basınç, boyanın yavaş aktığı hortum içinde mi yoksa hızlıca püskürdüğü tabanca ağzında mı daha büyüktür? Neden?*

Basınç Nedir?

Çevrenize dikkatlice baktığınızda basıncı ve onun teknolojiye aktarılmış değişik uygulamalarını görürsünüz. Bu uygulamaların işlerinizi daha az enerjiyle yapma imkânı sunduğunu ve yaşam standardınızı yükselttiğini de fark edersiniz: raptiye, çivi, tıraş bıçağı, vida, kar ayakkabıları, kramponlar, dokunmatik ekranlar… Bu örnekler katı basıncıyla ilgili olsa da basıncın teknolojiye aktarılarak hayatımıza daha yoğun şekilde etki ettiği uygulamalar; akışkanları, özellikle su ve havayı içerir. Pompalar, elektrikli süpürgeler ***(Görsel 2.4)***, hidrolik frenler, hidrolik pres makineleri, yangın söndürme tüpleri, otomobil lastikleri ***(Görsel 2.5)***, itfaiye merdivenleri, uçak ve helikopterlerin gövde ve kanat tasarımları akışkan basıncına dayalı olan teknolojik uygulamalardandır.

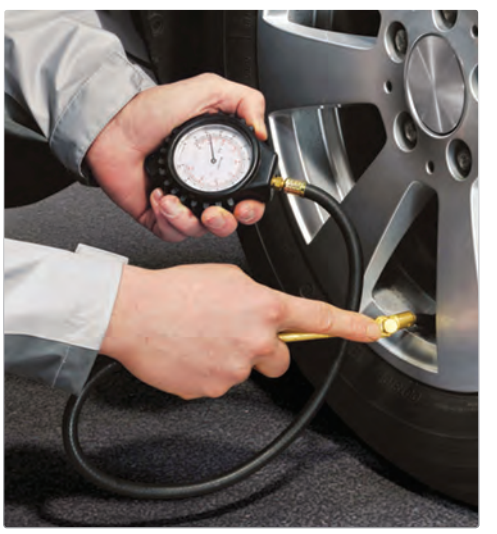


Görsel 2.4: *Elektrikli süpürgedeki motor, içerideki havayı vakumlayarak düşük basınç alanı oluşturur. Dışarıdaki hava yüksek basınçtan dolayı tozlarla birlikte bu alana doğru hareket eder.*

Canlılar için son derece önemli olan açık hava basıncına insan vücudu mükemmel derecede uyum göstermiştir. Bu basınç değeri önemli ölçüde değişirse kişi zararlı hatta ölümcül etkilerle karşılaşabilir.

Peki basınç nedir, hangi faktörlerden etkilenir?

Katılar ağırlıkları, sıvılar ve kapalı kaplardaki gazlar ise ağırlıkları ve molekül hareketleri sebebiyle etkileşimde bulundukları yüzeylere kuvvet uygular. Dolayısıyla katıların ağırlıktan kaynaklanan basıncı, üzerinde bulunduğu düzlemde sıvı ve gazların ağırlık ve molekül hareketinden kaynaklanan basıncı ise temas ettikleri bütün yüzeylerde meydana gelir. Kuvvetin kaynağı ne olursa olsun birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvetin (normal kuvvet) büyüklüğüne **basınç (P)** denir. Basıncı meydana getiren kuvvet ise **basınç kuvveti (F)** olarak adlandırılır. Bu yüzden basınç kuvveti, bir yüzeye etki eden toplam basıncı ifade eder. Büyüklüğü F olan bir kuvvet, S büyüklüğünde bir yüzeye etki ederse ***(Görsel 2.6)*** birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvet yani basınç,



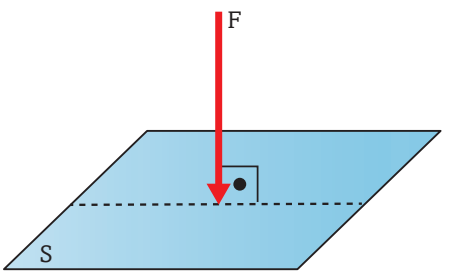
Görsel 2.5: *Otomobil lastiği gaz basıncından yararlanılan bir uygulama alanıdır.*

$$\text{Basınç} = \frac{\text{Basınç kuvveti}}{\text{Yüzey alanı}} \Rightarrow P = \frac{F}{S}$$

formülüyle verilirken bütün yüzeye dik olarak etki eden kuvvet (basınç kuvveti) ise

$$\text{Basınç kuvveti} = \text{Basınç} \cdot \text{Yüzey alanı} \Rightarrow F = P \cdot S$$

formülüyle verilir. SI'da basıncın birimi $\frac{F}{S}$ oranına bağlı olarak $\frac{N}{m^2}$ biçiminde ortaya çıkar. $1\frac{N}{m^2} = 1$ Pascal'dır (Paskal, Pa).



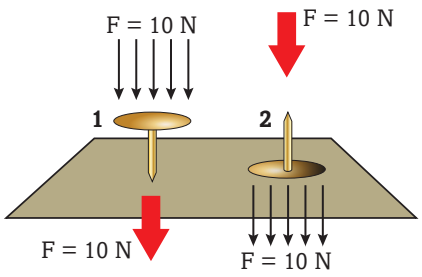
Görsel 2.6: *S yüzeyine etki eden basınç kuvveti*

1 Pa, 1 N'lık kuvvetin 1 m^2 lik yüzeye yaptığı basınçtır. Basınç iki skalerin oranı (kuvvetin büyüklüğü/yüzey alanı) olduğundan skaler bir kavramdır.

Katıların Basıncı

Görsel 2.7: *Dik duran sözlük, süngerde daha derin çökme oluşturur (Basınç yüzey alanıyla ters orantılıdır.).*

Görsel 2.8: *Üst üste olan iki sözlük, süngerde daha derin çökme oluşturur (Basınç uygulanan kuvvetle doğru orantılıdır.).*



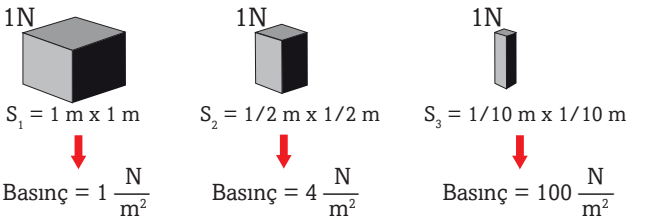
Görsel 2.9: *İki özdeş raptiyeye uygulanan eşit büyüklükteki kuvvetlerin uçlardaki dağılımı*

Katı cisimler, üzerlerine uygulanan kuvveti aynı doğrultuda iletir. Kuvvetin bir yüzey üzerindeki etkisi $P = \frac{F}{S}$ bağıntısına göre kuvvetin şiddeti yanında uygulandığı yüzeyin büyüklüğüne de bağlıdır. Bunu, farklı yüzleri üzerinde özdeş süngerlere oturtulmuş aynı iki sözlüğün süngerlerdeki etkisinden anlayabilirsiniz. Sünger üzerinde küçük yüzü üstünde duran sözlük, büyük yüzü üstünde duran sözlükten daha fazla çökme oluşturur. Bunun sebebi küçük yüzü üstünde duran sözlüğün basıncının daha büyük olmasıdır ***(Görsel 2.7)***. Aynı büyüklükteki kuvvetlerin basıncının küçük yüzeylerde daha belirgin hissedilmesi, kuvvet sabit kalırken basıncın yüzey alanı ile ters orantılı olduğunu gösterir.

Benzer şekilde belli bir yüzey üzerine etkiyen dik kuvvetin büyüklüğünün değişmesi de söz konusu yüzeyde farklı etkiler yaratır. Sünger üzerinde ***Görsel 2.8***'de olduğu gibi üst üste koyulmuş iki sözlük tek sözlükten daha fazla çökmeye yol açar. İki sözlüğün üst üste koyulması durumunda birim yüzeye uygulanan dik kuvvetin büyüklüğü artmış olur. Buna göre **kuvvet/yüzey alanı** oranının büyüklüğü, süngerdeki çökmenin derinliğini, yani kuvvetin basınç etkisini belirler. Dolayısıyla katı cisimlerin basınçları, temas ettikleri yüzey alanının büyüklüğü sabit olmak kaydıyla uygulanan dik kuvvetin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Kuvvetin bir yerdeki çekim alanıyla (yer çekimi ivmesi) ilgili bir kavram olmasının doğal sonucu olarak çekim alanının olmadığı bir yerde katı basıncından söz edilemeyeceğini de unutmamak gerekir.

Kuvvetin etkidiği yüzey alanının büyüklüğü değiştiğinde bu yüzeyde oluşan basıncın da değiştiğinden yukarıda söz ettik. Bu çerçevede ***Görsel 2.9***'da verilen raptiyeleri parmağınızla 10 N'lık kuvvet uygulayarak ahşap zemine bastırdığınızı düşününüz. Bu iki durumdan hangisinde parmağınız acır? Eğer 1. raptiyeye 10 N'lık kuvvet uygularsanız raptiye yüzeye kolayca geçer ve parmağınız incinmez. 2. raptiyeye 10 N'lık bir kuvvet uygularsanız raptiye zemine geçmez ve parmağınız acır, hatta yaralanabilir. Peki aralarındaki fark neden kaynaklanır? Her iki raptiyeye aynı büyüklükte kuvvet uygulandığı hâlde 1. raptiye zemine kolaylıkla geçerken 2. raptiye neden geçmez? Raptiyeler üzerine etki eden kuvvetlere dikkat edilirse 1. raptiyeye uygulanan kuvvet bu raptiyenin sivri ucunda küçük bir alanda yoğunlaşır. Buna karşın 2. raptiyede kuvvet bu raptiyenin sivri ucunda küçük bir alana uygulanırken diğer uçta çok daha geniş bir alana yayılmış olur. Geniş alanda birim yüzeye etkiyen dik kuvvetin büyüklüğü azalmış olur. Bu durumda parmağınızda meydana gelen basınç ahşap zeminde meydana gelen basınçtan çok daha büyük

olur. Dolayısıyla aynı kuvvetler büyüklüğü farklı alanlar üzerinde farklı değerlerde basınç oluşturur. Yüzey alanı azaldıkça basınç artar. Bunu ***Görsel 2.10***'da verilen modeli inceleyerek daha kolay anlayabilirsiniz. Burada görüldüğü gibi basınç, kuvvetin etkidiği (yere temas eden) yüzey alanlarının büyüklüğü ile ters orantılıdır.



Görsel 2.10: *Şiddeti aynı olan kuvvetler farklı büyüklükteki yüzeylerde farklı basınçlar meydana getirir.*

ÖRNEK PROBLEM

49 plastik bardak 7 · 7 şeklinde baş aşağı ve yan yana yerleştirilmiştir. Bardakların üzerine ağırlığı önemsiz bir ahşap tabla yerleştiriliyor ve kütlesi 65 kg olan bir öğrenci tablanın üzerine çıkıyor. Bir bardak 19 N'lık yükü taşıyabildiğine göre bardaklar, öğrencinin ağırlığını deforme olmadan taşır mı? Her bir bardağın yerle temas yüzeyi 1 br^2 kabul edilirse bardak sayısının azalmasıyla yere yapılan basınç nasıl değişir (g = 10 m/s^2)?

ÇÖZÜM

m = 65 kg, G = 65 · 10 = 650 N

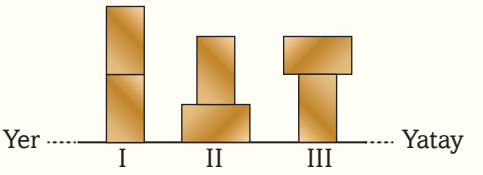
Öğrencinin ağırlığı bardaklara paylaştırılırsa bardak başına düşen ağırlık = $\frac{650}{49} \cong 13,26$ N bulunur. Bu büyüklük 19 N'dan küçük olduğu için bardaklar, öğrencinin ağırlığını deforme olmadan taşır. Basınç, birim yüzeye dik olarak etkiyen kuvvetin büyüklüğü olduğuna göre gerçekte 13,26 N birim yüzeye (1 br^2 ye) düşen kuvvetin büyüklüğünü yani basıncı ifade eder.

Öğrenciyi üzerinde taşıyan bardak sayısı azaldıkça bardak başına düşen kuvvetin büyüklüğü (basınç) artar. Örneğin 36 bardağın 6 · 6 şeklinde dizildiği bir durumda bardak başına düşen kuvvetin büyüklüğü (basınç) $P = \frac{650}{36} = 18,05\ N/br^2$ olurken 25 bardağın 5 · 5 şeklinde dizildiği bir durumda bardak başına düşen kuvvetin büyüklüğü (basınç) $P = \frac{650}{25} = 26\ N/br^2$ bulunur. Buna göre 25 bardak olduğu durumda bardak başına düşen basınç 19 N'dan büyük olur ve bardaklar yükü taşıyamaz.

ÖRNEK PROBLEM

Özdeş tuğlalar şekildeki gibi ikili olarak üç farklı biçimde üst üste konulmuştur. Tuğlaların I. durumdayken zeminde oluşturduğu basınç P_1, II. durumdayken oluşturduğu basınç P_2, III. durumdayken oluşturduğu basınç P_3 oluyor.

Buna göre P_1, P_2, P_3 arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?



ÇÖZÜM

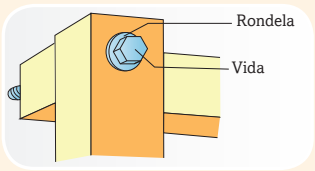
Her bir tuğlanın ağırlığı G olsun. Bu durumda tuğlaların her üç durumda zemine uyguladıkları dik kuvvetlerin büyüklükleri eşit ve 2G kadar bulunur. Kuvvet sabit olduğunda basınçları karşılaştırmak için yüzey alanlarının büyüklüklerini karşılaştırmak yeterli olur. Buna göre tuğlaların düzleme temas eden yüzey alanı küçük olan sistem bu düzlemde daha büyük bir basınç oluşturur. Dolayısıyla $P_1 = P_3 > P_2$ yazılır.

Günlük ve doğal hayatta büyüklüğü fazla olan kuvvetlerin basınç etkisinin azaltılmasını gerektiren durumlara pek çok örnek verilebilir. Şiddetli kuvvetlerin iş başında olduğu farklı durumlarda küçük değerlerde basınç elde edilen aşağıdaki örnekleri inceleyiniz.

Kar ambulansları, ağır iş makineleri ve traktör gibi araçlarda bu araçların temas yüzeyinde oluşturdukları basıncı azaltan geniş tekerlek veya paletler kullanılır. Bu sayede söz konusu araçlar kar üstünde, gevşek yapıdaki toprak ya da çamur zeminlere batmadan daha verimli çalışır.

Trenlere çok sayıda tekerleğin monte edilmesi, ağırlığın bu tekerlekler üzerinde paylaşılmasını sağladığından raylar üzerindeki basınç azalmış olur. Basıncın azalmasıyla rayların bozulması önlenir ve daha güvenli bir ulaşım imkânına kavuşulur.

Sırt çantasındaki geniş omuzluk, omuzla olan temas yüzeyini artırdığından omuzlarda oluşan basıncı azaltır.



Bir bütünün parçaları bir araya getirilirken özellikle ahşap bileşenlerin deformasyonunu önlemek için vidanın altına rondela konur. Rondela basıncı azaltarak vida başının ahşaba saplanmasını önler.

Katılardaki basıncın yüzey alanıyla ilişkisinden canlılar da yararlanır. Vaşak doğal kar ayakkabısı işlevi gören büyük pençelere sahiptir. Ördek veya kazların ayaklarındaki perdeler aynı ağırlıktaki tavuğa göre temas yüzeyinde oluşturdukları basınç değerini küçültür. Bunun sonucunda bataklıklarda ördek ve kazlar batmadan daha rahat yürür.

Benzer şekilde günlük ve doğal hayat, kuvvetin basınç etkisini artıran pek çok örnekle doludur. Bu durumla ilgili aşağıdaki örnekleri inceleyiniz.

İğne, bıçak, balta gibi araçların delici ve kesici yüzeyleri daha incedir. Uygulanan kuvvetin, bu araçların ince yüzeyleri sayesinde temas ettikleri zeminlerde oluşturdukları basınç değerleri artmış olur.

Çiftçiler, kürek veya bel ile toprağı kazarken kuvvetin basınç etkisinden yararlanır. Küreğin toprağa batırılan uç ve yan kısımları keskin olduğu için toprağa temas eden yüzeye basınç, artmış olarak iletilir. Bu sayede kazma işlemi kolaylaşmış olur.

Dağcılar, buzlu zeminlerde kontrollü hareket etmek için ayakkabılarının altına çivili bir aparat monte ederler. Aparattaki keskin çiviler yerle olan temas yüzeyini azaltır. Bu sayede buzlu zemindeki basınç artar ve dağcıların zemine daha iyi tutunmaları sağlanır.

Aslanlar, sahip oldukları keskin ve sivri dişleri ile yiyecekler üzerinde çok büyük basınç oluşturur. Öyle ki oluşturdukları bu basınçla çok sağlam kemikleri bile kırabilmektedirler. Doğada birçok etçil hayvanın aslanlar gibi sivri dişlere sahip olması onların hayatta kalmalarına yardımcı olur.

Basınçtan yararlanılan alanlar yukarıda anlatılanlarla sınırlı değildir. Robotik el ve ayaklar, büyük oranda basınçtan yararlanılarak yapılan önemli bir teknolojik üründür. Pek çok insan dokunmayı tek bir duyu olarak düşünür. Aslında dokunma birçok farklı duyudan oluşur. Elinizde ağrıyı, sıcaklığı, titreşimi ve basıncı algılayan sensörler vardır. Bilim insanları ve mühendisler, bir cismi tutmada basıncın önemini bildiklerinden diğer hislerin yanında özellikle basıncı algılayan robotik el ve ayak yaparak ihtiyaç sahiplerinin hayatlarını kolaylaştırmışlardır ***(Görsel 2.11)***.

Görsel 2.11: *Bir robotik elle salkımdan üzüm koparmak gibi hassas görevler yapılabilir.*

Ayrıca bilim insanları, bazı kristal yapılı maddelerin üzerine uygulanan kuvvet etkisiyle oluşan basıncın bu maddelerin uçları arasında bir elektriksel potansiyel farkı meydana getirmesinden (piezoelektrik olay) yararlanmayı bilmişlerdir. Oluşan potansiyel farkından kaynaklanan elektrik akımı, günlük yaşamımızda yer alan manyetolu çakmakların, elektronik terazilerin, bazı basınç ölçüm aletlerinin ve daha birçok araç, gerecin çalıştırılmasında kullanılmaktadır.

ÖRNEK PROBLEM

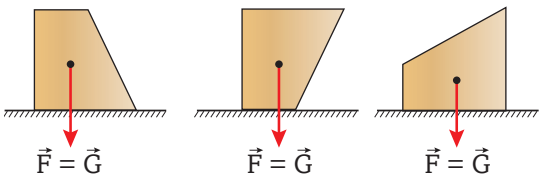
Kışın karlı günlerde mevsimine uygun günlük ayakkabılardan ziyade kar ayakkabısı (leken) giyerek yürümek neden daha kolay olur? Kar ayakkabılarının kullanılmasında göz önüne alınan ilkeler kar kayağı ve su kayağında da geçerli midir? Açıklayınız.

ÇÖZÜM

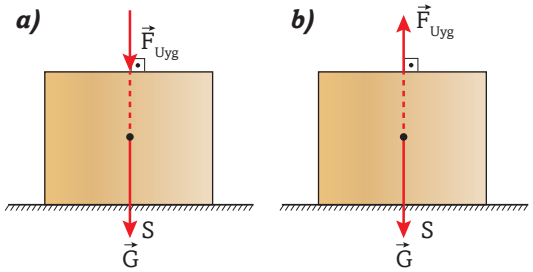
Zemine uygulanan kuvvetin şiddeti kişinin ağırlığı kadardır ve bu değişmez. Ancak kar ayakkabıları giyilerek yüzey alanı değiştirilebilir. $P = F/S$ bağıntısına göre basınç, yüzey alanının büyüklüğü ile ters orantılıdır. Derin karlarla örtülü zeminlerde batmadan yürümek için basıncı azaltacak daha büyük yüzey alanına sahip kar ayakkabıları tercih edilir. Bunun sonucunda kuvvetin yüzey alanına oranı dolayısıyla basınç azaltılmış olur. Aynı ilkeler, kar kayağı ve su kayağı için de geçerlidir. Kar ayakkabısı gibi kar kayağı da kayakçının kar yüzeyinde kalmasını mümkün kılar. Bir kayak, kar ayakkabısından farklı olarak uzun ve incedir. Kar kayağı ile kayakçının ağırlığı büyük bir yüzeye yayılır. Bu yayılma nedeniyle basınç küçülür ve kayakçı karla kaplı bir tepeden kara batmadan daha etkin bir şekilde kayar.

ALIŞTIRMA

Cansu, bir şovmenin düzinelerce çivinin üzerine uzanarak yaptığı gösteriyi izlerken şaşırır ve olayın gerçekliğini araştırmaya koyulur. Bu çerçevede sistemin 6 000 çivinin birlikte hareketini elektronik olarak kontrol eden düzenekten oluştuğunu öğrenir. Çivilerin üzerindeki kişinin kütlesi 60 kg olduğuna ve çivilerin yaklaşık üçte birinin gövdeyi desteklediği varsayıldığına göre Cansu her bir çiviye düşen yükü kaç N olarak hesaplamıştır? Cansu'nun hesapladığı bu kuvvet değeri kişinin zarar görmediği göz önüne alınırsa mümkün müdür?



Görsel 2.12: *Katıların basınç kuvveti, ağırlıklarına eşittir.*



Görsel 2.13: *Katı cisme, bulunduğu düzleme dik olacak şekilde uygulanan kuvvetler* ***a)*** *Basınç kuvveti artar.* ***b)*** *Basınç kuvveti azalır.*

Katıların Basınç Kuvveti

Katıların üzerinde bulundukları düzleme uyguladıkları basınç kuvveti ($\vec{F}$) katının kendi ağırlığına eşittir. Bu değer, katı cismin şeklinden, düzlemde duruş biçiminden ve hangi yüzeyi üzerinde durduğundan bağımsızdır ***(Görsel 2.12)***.

Eğer katı cisme ağırlık vektörü ile aynı yönlü başka bir kuvvet daha uygulanırsa ***(Görsel 2.13.a)*** yüzeyde oluşan basınç kuvvetinin büyüklüğü,

Basınç kuvveti = Uygulanan kuvvet + Cismin ağırlığı ($\mathbf{F = F_{Uyg} + G}$) eşitliği ile verilir.

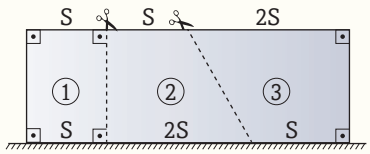
Uygulanan kuvvet cismin ağırlık vektörüne zıt yönlü ise ***(Görsel 2.13.b)*** basınç kuvvetinin büyüklüğü,

Basınç kuvveti = Cismin ağırlığı – Uygulanan kuvvet

($\mathbf{F = G - F_{Uyg}}$, $G > F_{Uyg}$ olmak kaydıyla) eşitliği ile verilir.

ÖRNEK PROBLEM

Düşey kesiti yandaki şekilde verilen düzgün ve türdeş dikdörtgenler prizması biçimindeki cismin yatay düzlemde oluşturduğu basınç P, yatay düzleme uyguladığı basınç kuvveti F'dir. Cisim, işaretli doğrultularda kesilip üç parçaya bölünüyor. Bu durumda 1. parçanın basıncı P_1, basınç kuvveti F_1, 2. parçanın basıncı P_2, basınç kuvveti F_2, 3. parçanın basıncı P_3, basınç kuvveti F_3 oluyor. Buna göre,

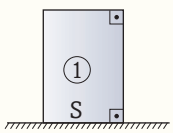


Basınç: P
Basınç kuvveti: F
Yüzey alanı: 4S

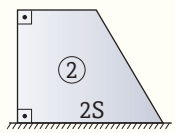
a) P, P_1, P_2 ve P_3 arasındaki ilişki nedir?

b) F, F_1, F_2 ve F_3 arasındaki ilişki nedir?

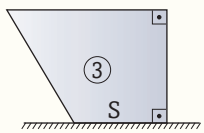
ÇÖZÜM



Basınç : P_1
Basınç kuvveti : F_1



Basınç : P_2
Basınç kuvveti : F_2

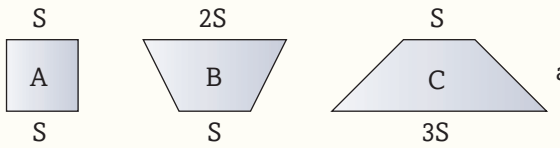


Basınç : P_3
Basınç kuvveti : F_3

a) Cismin taban ve tavan alanları birbirine eşittir. Aynı durum kesilerek elde edilen 1. parçada da görülmektedir. Bu sebeple $P = \frac{F}{S}$ bağıntısına göre $P = P_1$ olur. 2 ve 3. parçaların ağırlıkları aynı olurken 2. parçanın taban alanı en büyük, basıncı en küçük; 3. parçanın taban alanı en küçük, basıncı en büyüktür. Bu yüzden $P_3 > P = P_1 > P_2$ yazılır.

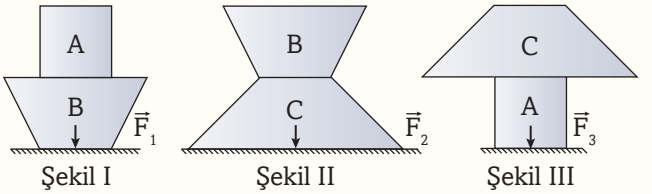
b) Katıların yatay düzleme uyguladıkları basınç kuvvetleri ağırlıklarına eşit olduğundan soruda verilen cismin basınç kuvveti en büyüktür. Taban ve tavan alanları göz önüne alındığında kesilerek elde edilen 2 ve 3. parçaların ağırlıkları birbirine eşit, 1. parçanın ağırlığı ise bunlara göre daha azdır. Yani, $F > F_2 = F_3 > F_1$ olur.

ÖRNEK PROBLEM



Kesitleri yanda verilen A, B ve C katı cisimlerinin ağırlıkları sırasıyla 3G, 2G ve G'dir.

Bu cisimler yandaki gibi ikili gruplar hâlinde üst üste yerleştiriliyor.



Şekil I'de zemine uygulanan basınç kuvveti $\vec{F}_1$, Şekil II'de $\vec{F}_2$ ve Şekil III'te $\vec{F}_3$'tür. Bu kuvvetlerin büyüklükleri arasındaki ilişki nasıl olur? Basınç kuvvetleri cisimlerin üzerinde bulunduğu yüzey alanının büyüklüğüne bağlı olarak değişir mi? Açıklayınız.

ÇÖZÜM

Katı cisimlerin basınç kuvvetleri onların ağırlıklarına eşittir. Buna göre ikili olarak üst üste konulan cisimlerin toplam ağırlıklarını karşılaştırmak sonuca ulaşmak için yeterlidir. Yani,

$F_1 = 3G + 2G = 5G$, $F_2 = 2G + G = 3G$, $F_3 = G + 3G = 4G$ olur.

Sonuç olarak $F_1 > F_3 > F_2$ bulunur.

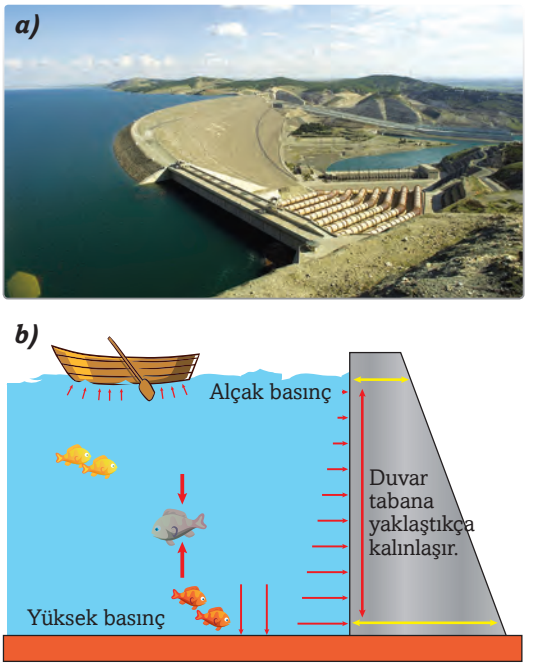
Katı cisimlerin zemine uyguladığı basınç kuvveti cisimlerin hangi yüzey üzerinde bulunduğundan bağımsızdır. Cisimlerin üzerinde bulunduğu yüzey alanının büyüklüğü basınç kuvvetini etkilemez.

Durgun Sıvıların Basıncı

Barajlar; sulama, elektrik enerjisi üretme ve sel baskınlarını önleme gibi amaçlarla akarsular üzerine yapılan bentlerdir. Türkiye ve Avrupa'nın en büyük barajı olan Atatürk Barajı ***(Görsel 2.14.a)***, Fırat Nehri üzerinde, Adıyaman ve Şanlıurfa illeri arasında, tamamen Türk işçi ve mühendislerinin emek ve alın teriyle kurulmuştur. Atatürk Baraj Gölü, inşaatın başladığı 1983 yılı ile tamamlandığı 1992 yılları arasında su tutulması yoluyla oluşmuştur. Meydana gelen göl alanı 817 km^2, toplam su depolama hacmi 48,7 milyar m^3 tür.

Bir yere ne tür baraj inşa edileceğine, baraj inşasında hangi malzemelerin kullanılacağına karar vermek için mühendisler; yeri, sıcaklık değişimlerini, hava koşullarını, sahadaki toprak ve kaya türlerini ve inşa edilecek barajın büyüklüğünü göz önünde bulundururlar.

Yüksekliği 169 m, boyu 1644 m, tepedeki eni ise 15 m olan baraj duvarı tepeden tabana doğru kalınlığı ***Görsel 2.14.b***'de verildiği gibi giderek artan bir kesite sahiptir. Sizce baraj duvarlarının kalınlığı neden su derinliğine paralel olacak biçimde gitgide artırılmıştır? Duvar tabanının geniş tutulmasının yararı nedir?



Görsel 2.14: a) *Atatürk Barajı* ***b)*** *Baraj duvarının kesiti*

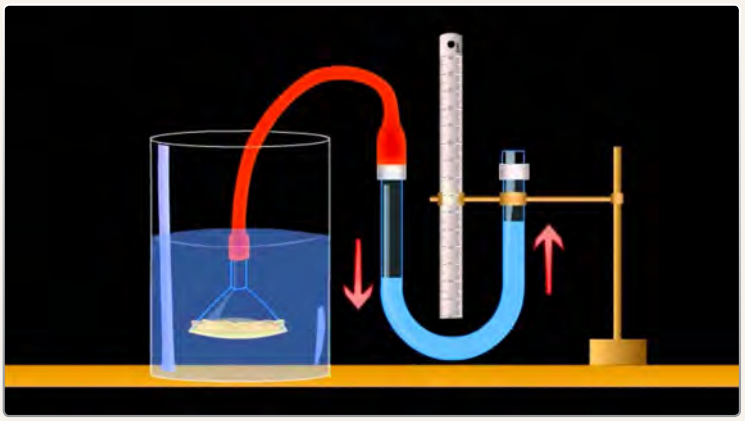
ETKİNLİK 2.1 Sıvı Basıncını Etkileyen Faktörler

Araç ve Gereçler

- iki adet 1,5 L'lik plastik şişe
- bir adet 5 L' lik plastik şişe
- paket lastiği
- huni, U borusu,
- lastik hortum
- oyuncak balon
- 1 L kadar tuzlu su çözeltisi (litresinde bir su bardağı tuz çözünmüş)
- su
- bir adet destek çubuğu
- bir adet döküm ayak
- iki adet bağlama parçası
- cetvel
- maket bıçağı

Etkinliğin Amacı

Durgun sıvıların basıncının bağlı olduğu değişkenleri belirlemek.



Bunları Yapınız

• Plastik şişeleri maket bıçağı ile enine keserek yaklaşık 25 cm boyunda kaplar elde ediniz.

• 5 L'lik plastik şişeden elde ettiğiniz kaba ve 1,5 L'lik plastik şişeden elde ettiğiniz kabın birine 20 cm yüksekliğe ulaşana kadar su, diğer 1,5 L'lik plastik şişeden elde ettiğiniz kaba ise aynı yükseklikte tuzlu su koyunuz.

• Oyuncak balonun ağız kısmını kesip ayırınız. Balonun geri kalan gövde kısmını huni üzerine geçirip gergin duruma getirdikten sonra paket lastiğini ve balonun ağız kısmını kullanarak sabitleyiniz.

• Lastik hortumun bir ucunu huniye, diğer ucunu da içerisine bir miktar su koyduğumuz U borusuna geçiriniz.

• U borusunu dik konuma getirerek döküm ayak, bağlama parçası ve destek çubuğunu kullanarak oluşturduğunuz düzenek yardımıyla sabitleyiniz.

• Huniyi önce içerisinde tuzlu su sonra da su bulunan kaplara yavaş yavaş 8 cm kadar daldırınız. Bu sırada her bir durum için U borusundaki suyun hareketini gözlemleyiniz.

Soruları Cevaplayınız

• Huni, 1,5 L'lik özdeş kaplarda bulunan su ve tuzlu su içerisine aynı derinliğe daldırıldığında U borusunun açık kolundaki suyun yükselme miktarları neden farklı oldu? Hangi sıvı, U borusundaki suyun daha fazla yükselmesine sebep oldu?

• Huni, içinde su bulunan biri 5 L diğeri 1,5 L'lik kaplarda aynı derinliğe daldırıldığında U borusunun açık kolundaki suyun yükselme miktarları arasında bir fark gözlemlendi mi? Kaplardaki sıvı miktarı U borusundaki su seviyesini etkiledi mi?

Size en tanıdık olan sıvı sudur. Sudan sonra bal, sıvı yağ ve akaryakıt sayılabilir. Bu sıvıların akışkanlıkları aynı değildir. Akışkanların davranışını karşılaştırmayı kolaylaştırmak için ideal sıvı modeli kullanılır. İdeal bir sıvı, sürtünmesiz olarak kararlı akış yapan ve sıkıştırılamaz kabul edilen sıvılardır. Bu bölümde üzerinde konuşulan sıvıların ideal sıvı oldukları varsayılacaktır.

Durgun sıvıların basıncı da katılarda olduğu gibi ağırlığa bağlı olarak açıklanabilir. Bunun için sıvı içerisinde ***Görsel 2.15***'teki gibi sıvı yüzeyine paralel bir S yüzeyi düşünelim. S yüzeyinde, bu yüzeyin sınırladığı alanın yukarısındaki sıvı sütununun ağırlığından dolayı bir basınç meydana gelir. S yüzeyi sıvıda ne kadar derinde düşünülürse yüzeyde oluşan basınç da o oranda büyük olur. Benzer şekilde etkinlikteki huni, suda ne kadar derine itilirse üzerine gerilmiş balon da o oranda fazla suyun ağırlığının etkisinde kalır. Esnek balona sıvıda etkiyen kuvvetin adım adım artması, balon yüzeyinde giderek artan bir basınç oluşturur. Derine inildikçe basıncın artması, esnek balon yüzeyinin daha çok içe çökmesine ve U borusunun karşı kolundaki su seviyesinin giderek daha fazla yükselmesine sebep olur. Basınç, her durumda birim yüzeye etkiyen dik kuvvetin büyüklüğü ile ilgili olduğundan, hunin sıvı içerisinde duruş şekli ve büyüklüğü belli bir derinlikte oluşan basıncı etkilemez ***(Görsel 2.16)***. Derinliğin iki katına çıkması, iki kat fazla basınçla sonuçlanır. Huninin içine daldırılan sıvı değiştirildiğinde, örneğin huni su yerine tuzlu suda aynı derinliğe daldırıldığında U borusunun açık kolundaki su seviyesi fazla yükselir. Bunun sebebi, tuzlu suyun yoğunluğunun suya göre büyük olmasıdır.

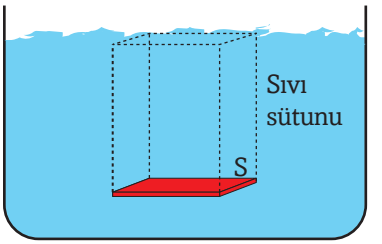
Sıvı içinde belli bir derinlikte bulunan bir S yüzeyine uygulanan kuvvetin, bu yüzeyin üzerinde taşıdığı sıvının ağırlığından kaynaklandığı göz önüne alınarak sıvı basıncı hesaplanabilir.

$P = \frac{F}{S} = \frac{m \cdot g}{S}$ (S yüzeyinin üstündeki sıvı sütununun kütlesi, bu sıvının hacim ve yoğunluğunun çarpımıyla bulunur.) $m = d \cdot V$ değeri bu ifadede yerine yazılırsa $P = \frac{d \cdot V \cdot g}{S}$ elde edilir. (S yüzeyinin üzerindeki sıvı sütununun hacmi $V = S \cdot h$ olduğundan)

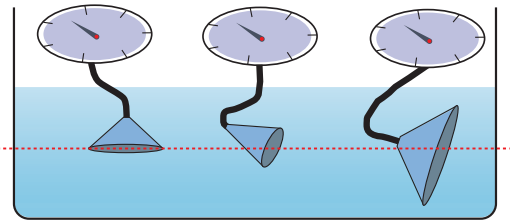
$$P = \frac{d \cdot S \cdot h \cdot g}{S} \Rightarrow P = h \cdot d \cdot g$$

bağıntısına ulaşılır.

Sıvılar temas hâlinde oldukları bütün yüzeylere kuvvet uygular. Durgun sıvı içindeki birim yüzeye sıvı tarafın-



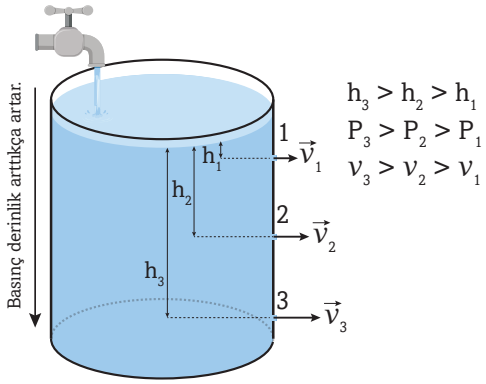
Görsel 2.15: *Sıvı içindeki S yüzeyinin üzerinde, taşıdığı sıvı sütununun ağırlığından dolayı basınç oluşur.*



Görsel 2.16: *Bir sıvıda aynı derinlikteki farklı noktalara yerleştirilen huni üzerinde oluşan basınç değerleri birbirine eşittir. Huninin yüzey alanının büyüklüğü ve bu noktalardaki duruş şekli, üzerinde oluşan basıncı etkilemez.*

Bunları biliyor musunuz?

1 atmosfer, deniz seviyesinde 0 °C sıcaklıkta yüksekliği 76 cm olan cıva sütununun tabanında meydana gelen basınçtır. Su altında yaklaşık her 10,3 metrede bir basınç 1 atm artar. Tüplü olarak 30-40 metre derinlere dalan bir dalgıç, atmosfer basıncının 3-4 katı kadar yüksek basıncın etkisinde kalır. Bu denli yüksek basınç altında hava tüpünden soluma süresi uzadıkça solunan havadaki N_2 gazı dalgıcın kanında ve vücut sıvılarında daha fazla çözünür. Dalgıç hızla yukarıya çıkmaya çalıştığında dalgıcın kanında ve vücut sıvılarındaki bu çözünmüş N_2 gazı, yüksek basıncın ortadan kalkmasından dolayı küçük kabarcıklar oluşturur. Bu kabarcıklar kan dolaşımının normal seyrini etkileyerek eklem ve damarlarda şiddetli ağrılara sebep olur. Vurgun yeme denen bu durum, kısmi felç gibi hasarlar hatta ölümle sonuçlanabilmektedir.



Görsel 2.17: *Kap üzerindeki deliklerin tıpaları aynı anda açıldığında en alttaki delikten sıvı daha büyük hızla akar.*

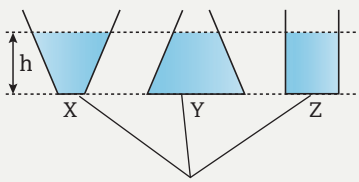
dan uygulanan dik kuvvete **sıvı basıncı (hidrostatik basınç)** denir. Sıvı basıncı; kabın şeklinden, büyüklüğünden ve sıvı miktarından bağımsız olarak h, d ve g ile doğru orantılıdır. Buradaki h, basıncı hesaplanacak noktanın sıvı yüzeyine olan uzaklığıdır. d sıvının yoğunluğu, g ise yer çekimi alan şiddetidir.

Sıvı basınç birimi SI'da katılardaki gibi Pascal'dır (Pa). Ancak sıvıların basıncını ifade ederken bu birimin yerine atmosfer, cmHg, mmHg,Torr ve Bar gibi başka birimler de kullanılır.

Ağzına kadar suyla dolu ***Görsel 2.17***'deki kabın çeperlerine farklı yüksekliklerde açılan üç özdeş delikten, yukarıdaki 1 deliğinden en yavaş, aşağıdaki 3 deliğinden ise en hızlı su akışı gözlenir. Suyun yavaş aktığı 1 deliğinin bulunduğu noktada basınç düşük, hızlı aktığı 3 deliğinin bulunduğu noktada ise basınç yüksektir (Bu 1 deliğinden çıkan suyun yakında, 3 deliğinden çıkan suyun uzakta bir noktada yere çarpacağı anlamına gelmez.). Bir sıvıda derinlere inildikçe basıncın artması göz önüne alınarak barajların duvarları tabana doğru gitgide kalınlaştırılarak yapılır. Bu sayede duvarların daha büyük basınca dayanmaları sağlanır.

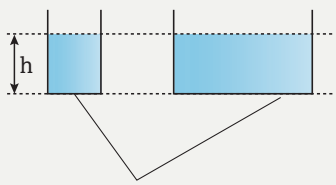
Bir sıvının neden olduğu basınç, aşağıdaki özelliklere sahiptir:

Sıvı basıncı, kabın şekline ve sıvının yüzey alanına bağlı değildir.



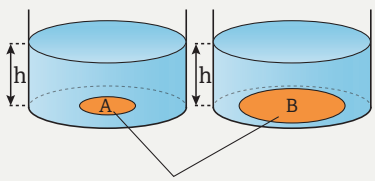
Tabandaki sıvı basınçları aynıdır.

Sıvı basıncı, sıvının kütlesine ve hacmine bağlı değildir.



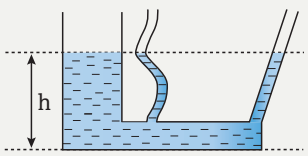
Tabandaki sıvı basınçları aynıdır.

Sıvı basıncı, aynı derinlikte alınan yüzey alanlarının büyüklüğüne bağlı değildir.



Her iki alandaki sıvı basınçları aynıdır.

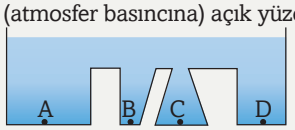
Basınç, sıvı sütununun uzunluğuna değil dikey derinliğine bağlıdır.



Sıvı seviyeleri aynıdır.

Bir sıvıda aynı derinlikteki tüm noktalar aynı basınca sahiptir.

Havaya (atmosfer basıncına) açık yüzey



$h_A = h_B = h_C = h_D$

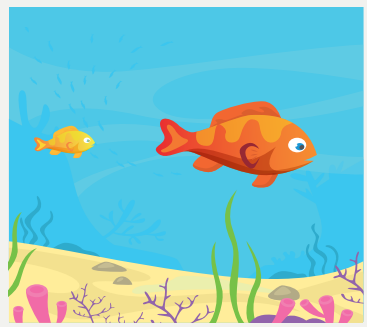
$P_A = P_B = P_C = P_D = d \cdot g \cdot h$

Atmosfer basıncı dikkate alınmamıştır.

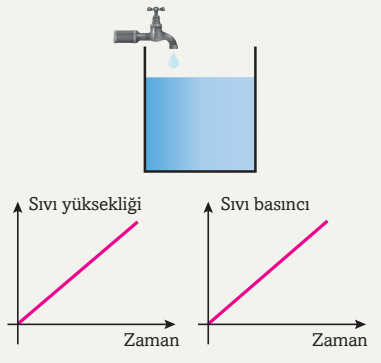
İçerisinde homojen sıvı bulunan bileşik kaba sıvı doldurulduğunda bütün bölmelerde sıvı seviyeleri eşitlenir. Çünkü belirli bir sıvı için basınç her zaman aynı seviyedeki noktalarda eşittir.

Basınç, aynı derinlikteki varlıkların yüzey alanına bağlı değildir.

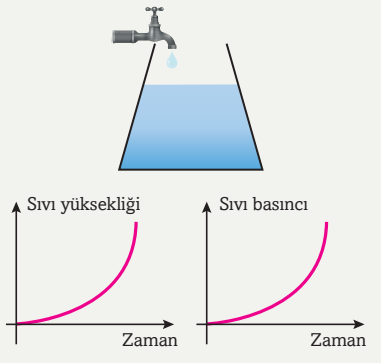
Küçük balıklara uygulanan basınç = Büyük balıklara uygulanan basınç



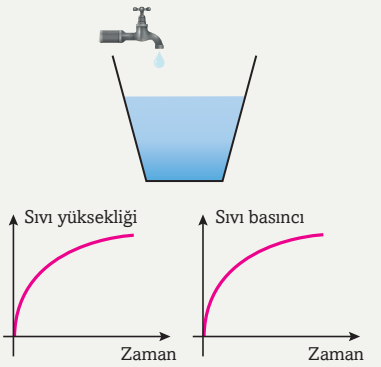
Silindirik kaba bir musluktan sabit debili su aktığında sıvı yüksekliği zamanla doğru orantılı olarak artar. Dolaysıyla kabın tabanında oluşan sıvı basıncının artışı da grafikteki gibi düzgün (zamanla doğru orantılı) olur.



Şekildeki yukarı doğru daralan kaba, bir musluktan sabit debili su aktığında kaptaki sıvı yüksekliği zamanla daha hızlı artar. Dolayısıyla kabın tabanına etki eden sıvı basıncının artışı da grafikteki gibi hızlı olur.

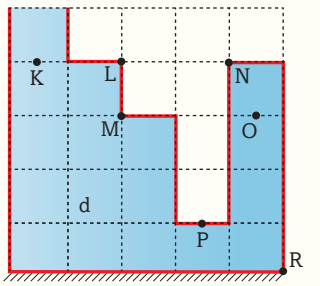


Yukarı doğru genişleyen kaba, bir musluktan sabit debili su aktığında kaptaki sıvı yükselmesi zamanla yavaşlar. Dolayısıyla kabın tabanına etki eden sıvı basıncının artışı da grafikteki gibi azalan biçimde artar.



ÖRNEK PROBLEM

Eşit hacim bölmeli kap, d öz kütleli sıvı ile doludur. Kaptaki K noktasında oluşan sıvı basıncı P olduğuna göre; L, M, N, O, P ve R noktalarının her birindeki sıvı basıncı kaç P olur?



ÇÖZÜM

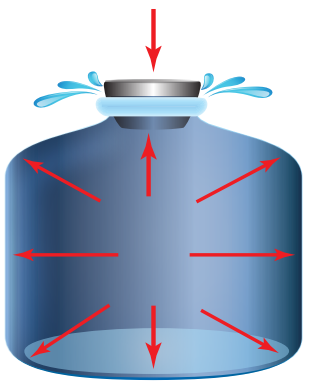
Sıvı basıncı kabın sıvı tarafından işgal edilen en yüksek noktası göz önüne alınarak hesaplanır. Buna göre,

$P_K = P = h \cdot d \cdot g$ alınırsa, $P_L = P_N = h \cdot d \cdot g = P$ yazılır.

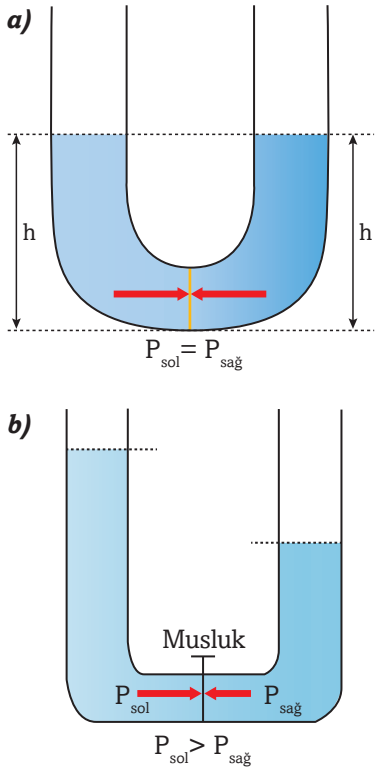
$P_M = P_O = 2h \cdot d \cdot g = 2P$ olur.

$P_P = 4h \cdot d \cdot g = 4P$, $P_R = 5h \cdot d \cdot g = 5P$ bulunur.

Sıvılar, ancak basınç gibi özel şartlar altında ihmal edilebilir düzeyde hacim değişimine uğrar ve bu yüzden genel olarak sıkıştırılamaz kabul edilir. Sıvıların sıkıştırılamaz olması, kapalı bir kapta bulunan sıvının dışarıdan bir etkiyle oluşan basıncı, sıvının ve içinde bulunduğu kabın her noktasına aynı büyüklükte iletilmesini sağlar ***(Görsel 2.18)***. Sıvıların bu özelliği, ilk kez Fransız bilim insanı Blaise Pascal (Bileyz Paskal, 1623–1662) tarafından açıklanmıştır. "Pascal Prensibi"olarak bilinen bu açıklama, "Kapalı bir kaptaki sıvının herhangi bir noktasında oluşturulan basınç, sıvının her yerine aynen iletilir." şeklinde ifade edilir. Bu, kabın her noktasındaki basıncın değil, basınç artışının aynı olacağı anlamına gelir. Pascal Prensibi'nden bir diş macunu tüpünü sıktığınız zaman bile yararlanmış olursunuz. Mühendisler yerle-

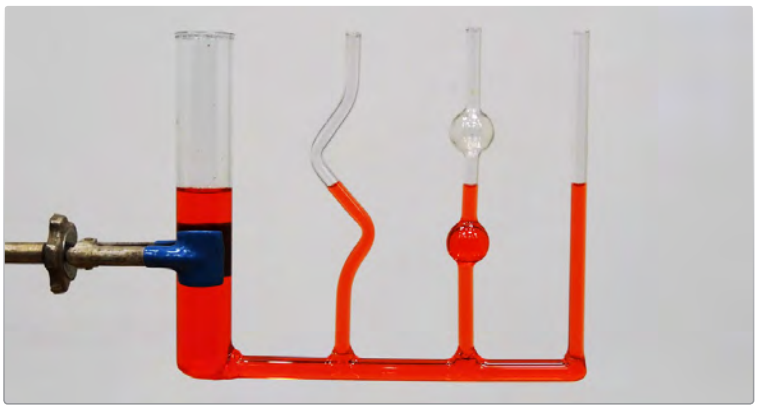


Görsel 2.18: *Sıvılar sıkıştırılamaz olduğundan ağzına kadar suyla dolu kabın kapağına uygulanan kuvvetin oluşturduğu basınç, kap içindeki her noktaya aynen iletilir.*



Görsel 2.20: a) *Kollardaki sıvı yükseklikleri eşit olduğundan tabandaki basınç da eşittir.* ***b)*** *Kollardaki sıvı yükseklikleri farklı olduğundan her bir kolun tabanındaki basınç da farklıdır.*

şim birimlerine su sağlayan tesisleri, bütün evlere aynı basınçta su dağıtacak şekilde yaparken Pascal Prensibi'nden yararlanırlar. Bileşik kap sistemleri ***(Görsel 2.19)*** ve su cendereleri aynı prensip göz önüne alınarak yapılır.

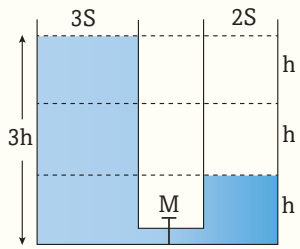


Görsel 2.19: *Bileşik kap.*

Bileşik kap olarak genellikle U borusu şeklinde iki silindirik kollu kap kullanılır. U borusunun silindirik kollarından birine sıvı konulduğunda Pascal Prensibi'ne göre her iki koldaki sıvıdan kaynaklanan basınçların eşit olması için kollardaki sıvı seviyeleri eşitlenir ***(Görsel 2.20.a)***. U borusunun tabanına ***Görsel 2.20.b***'deki gibi bir musluk yerleştirip musluğu kapattıktan sonra kollara farklı yüksekliklerde aynı cins sıvı konulursa her kolun tabanındaki basınç değeri farklı olur. Musluk açıldığında sıvı, basıncın yüksek olduğu koldan düşük olduğu kola doğru akar ve bu olay tabandaki basınçlar eşit olduğunda durur.

ÖRNEK PROBLEM

Düşey kesiti yanda verilen bileşik kabın kolları arasındaki M musluğu kapalıdır. Kollarda eşit sıcaklıkta aynı cins sıvı bulunmaktadır. Bu durumda 3S kesitli kabın tabanındaki sıvı basıncı P olduğuna göre, musluk açılıp denge sağlandığında 2S kesitli kabın tabanındaki sıvı basıncı kaç P olur?



ÇÖZÜM

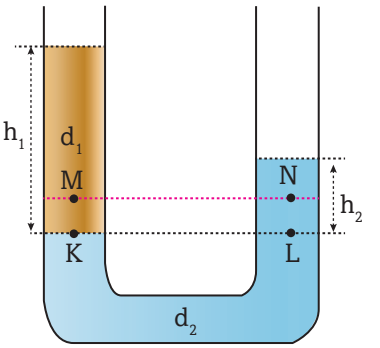
M musluğu kapalıyken P basıncının değeri $P = 3h \cdot d \cdot g$'dir. Bu musluk açıldığında sıvı, basıncın yüksek olduğu 3S kesitli koldan 2S kesitli kola akarak dengeye gelir. Bu durumda toplam sıvı hacmi değişmediğinden,

$V_{ilk} = V_{son}$

$3S \cdot 3h + 2S \cdot h = (3S + 2S) \cdot h' \Rightarrow h' = \frac{11}{5}h$ olur.

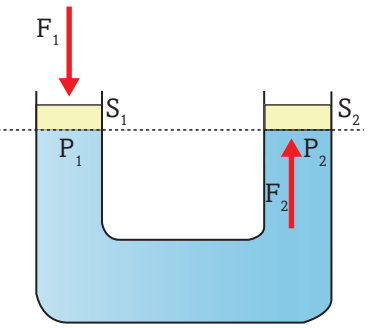
$P' = \frac{11}{5}h \cdot d \cdot g = \frac{11}{5} \cdot \frac{P}{3} = \frac{11P}{15}$ bulunur.

U borusunun kollarına birbiriyle karışmayan farklı özkütleli sıvılar konulduğunda kollardaki sıvı düzeyleri eşit olmaz. Buna karşılık kollardaki sıvıların tabanda alınan herhangi bir noktada oluşturduğu basınçlar eşit olur. Benzer şekilde U borusunda tabana en yakın seviyede, birbirine temas eden farklı sıvıların oluşturduğu sınıra çizilen yatay çizgi üzerinde her iki koldaki basınçlar da birbirine eşittir. Buna göre altında aynı tür sıvı kalacak şekilde ***Görsel 2.21***'de çizilen yatay çizgi üzerinde alınan aynı hizadaki K ve L noktalarında sıvı basınçları birbirine eşit olur. U borusunun tabanına paralel olacak şekilde K-L çizgisinin yukarısında düşünülen her yatay çizginin kolları kestiği noktalardaki sıvı basınçları karşılaştırılabilir. Örneğin d_1'in d_2'den küçük olduğu göz önüne alınarak M noktasındaki sıvı basıncının N noktasındaki sıvı basıncından büyük olduğu sonucuna varılır.



Görsel 2.21: *Birbirine karışmayan farklı türdeki iki sıvının U borusundaki yükseklikleri her iki koldan kaynaklanan tabandaki basınç eşit olduğunda sabitlenir.*

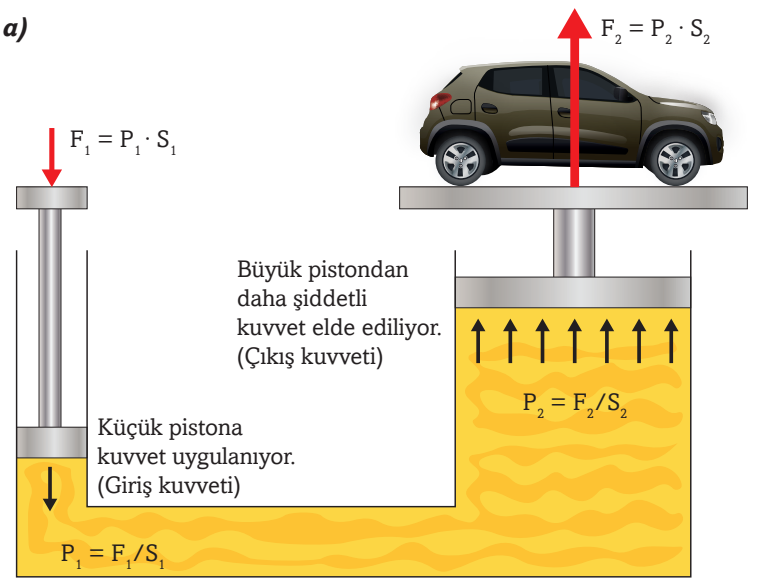
İçerisinde aynı tür sıvı bulunan bir U borusunun kollarına, ***Görsel 2.22***'deki gibi birer piston yerleştirilerek elde edilen sistemin sol kolundaki pistona kuvvet uygulandığında, bu kolda oluşan basınç sıvı boyunca sağ kola aynen iletilir. Eğer kollardan birinin kesit alanını artırıp bu kola uygun piston yerleştirilirse günlük hayatta çok geniş bir kullanım alanına sahip **su cenderesini** elde etmiş olursunuz. **Su cenderesi** tabanları birleştirilmiş kesitleri farklı silindir ve pistonlardan ibarettir. Bu durumda kollardaki basınçların eşitliği yazılırsa,



Görsel 2.22: *Sol pistona uygulanan kuvvet, bir basınç meydana getirir. Bu basınç, sıvı tarafından sağ pistona iletilir.*

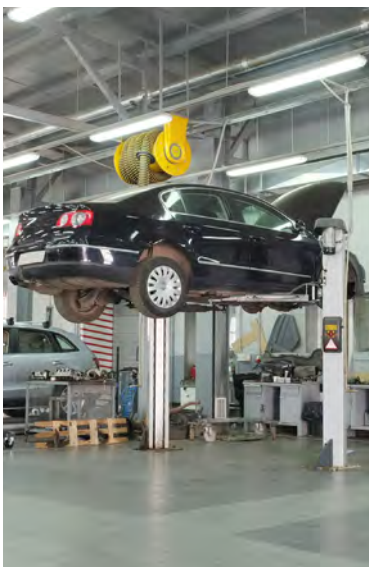
$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2} \text{ ya da } \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} \text{ olur.}$$

a)

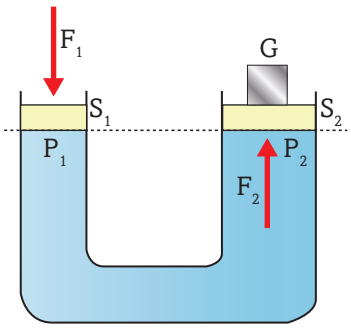


Pascal Prensibi

b)



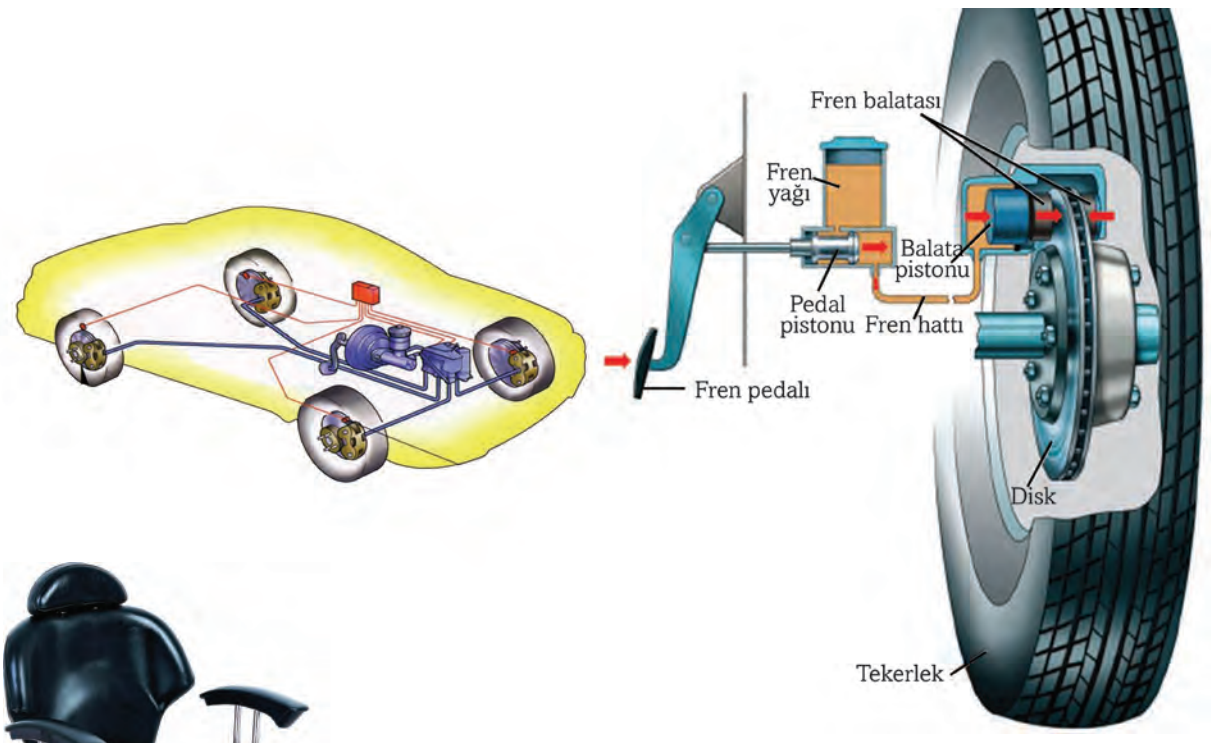
Görsel 2.23: a) *Bir tür su cenderesi olan hidrolik lift şeması. Soldaki pistona uygulanan küçük şiddetli kuvvetin oluşturduğu basınç sağdaki piston üzerinde çok daha büyük şiddetli kuvvet üretir.* ***b)*** *Tamir atölyesinde bir hidrolik lift ile kaldırılan bir otomobil.*



Görsel 2.24: *Su cenderesinin kesit alanları farklı olan her bir kolunda kuvvet değil, basınç değerleri bir birine eşit olur. ($P_1 = P_2$)*

Su cenderesinde sağ ve sol koldaki pistonların yüzey alanları arasındaki fark ne kadar büyük olursa küçük pistona uygulanan kuvvetin etkisi o oranda artmış olur. Küçük pistona uygulanan bir giriş kuvvetinin oluşturduğu basınç, sistemdeki sıvı tarafından diğer pistona aktarılır. Akışkanın büyük piston üzerine uyguladığı kuvvet, akışkandaki basınç ile pistonun alanının çarpımı kadardır. Bu yüzden büyük piston üzerinde oluşan çıkış kuvveti, giriş kuvvetinden daha büyüktür. Örneğin, bir tür su cenderesi olan ***Görsel 2.23***'teki hidrolik liftin sağındaki pistonun yüzey alanı solundakinin 50 katı büyüklüğünde olsun. Bu durumda sol pistona 50 N'lık kuvvet uygulandığında sağ pistondan 2500 N'lık kuvvet elde edilir.

Görüldüğü gibi oluşan basınç Pascal Prensibi 'ne göre sıvının temas ettiği bütün yüzeylere dolayısıyla karşı pistona aynen iletildiğinden ***(Görsel 2.24)*** uygulanan küçük şiddetli kuvvetin etkisi büyük pistona 50 kat artmış olarak geçer. Yani küçük pistona uygulanan 50 N'lık kuvvet büyük piston üzerine konulan 2500 N'lık yükü dengeler.



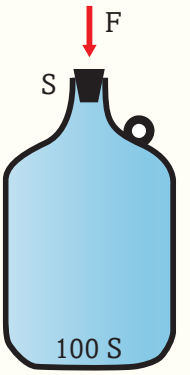
Görsel 2.25: *Hidrolik fren sistemleri, fren pedalına uygulanan kuvvetin büyüklüğünü tekerleklere artmış olarak iletir.*

Görsel 2.26: *Berber koltuğu*

Motorlu taşıtlardaki hidrolik frenler ***(Görsel 2.25)***, hidrolik liftler (araç kaldırma sistemleri), damperli kamyonlar, krikolar, berber koltukları ***(Görsel 2.26)*** ve çoğu inşaat makinelerinde bu sistem mevcuttur. Su cendereleri kuvvetten kazanç sağlayarak iş yapma kolaylığı sağlar. Ancak hiçbir zaman enerji tasarrufu sağlamaz. Çünkü kuvvetten kazanç sağlandığı oranda yoldan kayıp yaşanır.

ÖRNEK PROBLEM

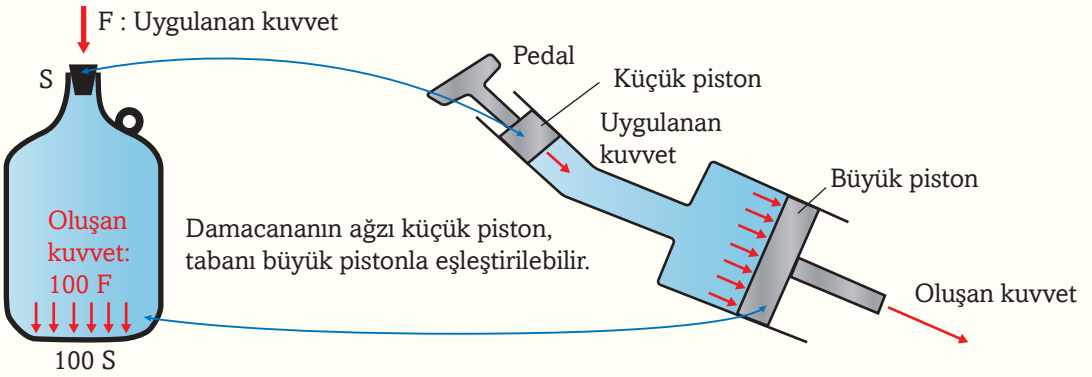
İçi suyla dolu şekildeki damacananın ağzı S, tabanı 100S yüzey alanına sahiptir. Damacananın ağzındaki tıpa F büyüklüğünde bir kuvvet uygulanarak kapatılıyor. Bu kuvvetten dolayı meydana gelen basıncın tabana iletilmesi sonucunda tabanda etkili olan basınç kuvvetinin büyüklüğü kaç F olur? Kuvvetin büyüklüğünün tabana artmış olarak ulaşmasını, hidrolik fren ve kriko gibi düzeneklerdeki kuvvet kazancıyla ilişkilendirerek açıklayınız.



ÇÖZÜM

Damacananın S yüzey alanına sahip ağzında F kuvvetinin etkisiyle oluşan basınç P olsun. Bu basınç sıvı içerisindeki her noktaya aynen iletilirken tabana da P olarak iletilir. Damacana tabanının yüzey alanı damacananın ağzına oranla 100 kat (100S) büyük olduğundan $F = P \cdot S$ ifadesine göre kuvvetin büyüklüğü de 100 kat artmış olarak tabana iletilir.

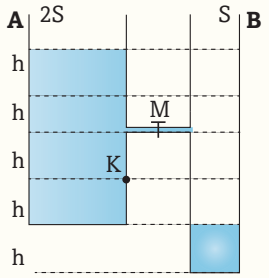
Hidrolik fren ve kriko gibi düzeneklerin pedalı üzerine ayağınızla uyguladığınız bir kuvvetin etkisi, bu düzeneklerdeki pistonların kesit alanlarının büyüklüklerine bağlı olarak damacana örneğinde olduğu gibi yüzlerce hatta binlerce kat artırılabilir.



Basınç, birim yüzeye etki eden dik kuvvetin büyüklüğüdür. Bu yüzden sıvı yüzeyinde oluşan basınç, daha büyük bir alan üzerine ulaşınca daha büyük bir basınç kuvveti doğurur. Kuvvetin büyüklüğündeki artış, yüzey alanın büyüklüğü ile orantılıdır. Örnek problemde yüzey alanları 1'e 100 verildiğinden kuvvetin büyüklüğündeki artış da aynı oranda olur. Benzer şekilde hidrolik fren ve kriko gibi düzeneklerin küçük pistonlarına uygulanan kuvvet, bu düzeneklerin silindirlerdeki sıvı yüzeyinde basınç oluşturur. Oluşan basınç, Pascal Prensibi'ne göre sıvının temas ettiği bütün yüzeylere dolayısıyla düzeneklerin büyük pistonlarına kadar aynen iletilir. Böylece yüzey alanı büyük olan pistonlarda daha büyük bir basınç kuvveti elde edilmiş olur.

ÖRNEK PROBLEM

Düşey kesiti şekilde verilen bileşik kabın A kolunda 4h, B kolunda h yüksekliğinde su varken K noktasındaki sıvı basıncı P oluyor. M musluğu açılıp denge sağlandığında K noktasındaki su basıncı kaç P olur?



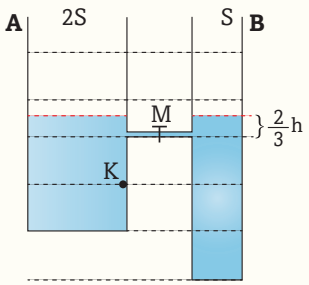
ÇÖZÜM

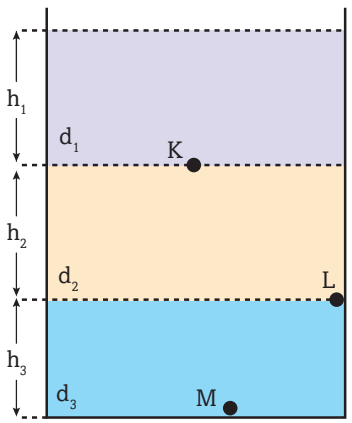
Musluk kapalıyken $P_K = 3h \cdot d \cdot g = P$'dir.

Musluk açıldığında kabın A ve B kollarındaki su düzeyleri eşitlenerek denge sağlanır. Suyun bileşik kabın kollarında aldığı yeni durum yanda verilen şekilde görülmektedir. Bu şekildeki sıvı düzeyleri göz önüne alınarak basınç ifadesi yazılırsa

$$P'_K = (h + \frac{2h}{3}) \cdot d \cdot g = \frac{5h}{3} \cdot d \cdot g$$

$$P'_K = \frac{5}{3} \cdot \frac{P}{3} = \frac{5}{9}P \text{ bulunur.}$$





Görsel 2.27: *Birbirine karışmayan sıvılar*

Sıvılar basıncı temasta oldukları tüm noktalara iletir. Bu özellikten içerisinde birbirine karışmayan sıvıların bulunduğu kabın herhangi bir noktasındaki sıvı basıncını hesaplamak için de yararlanılır. Örneğin, içerisinde ***Görsel 2.27***'deki gibi birbirine karışmayan üç sıvının bulunduğu bir kabın tabanındaki sıvı basıncı (P_M), sıvıların ayrı ayrı kendi tabanlarına yaptıkları basınçların toplamı yazılarak bulunur. Çünkü M noktası her üç sıvıdan kaynaklanan basınçların etkisindedir.

$$P_M = h_1 \cdot d_1 \cdot g + h_2 \cdot d_2 \cdot g + h_3 \cdot d_3 \cdot g$$

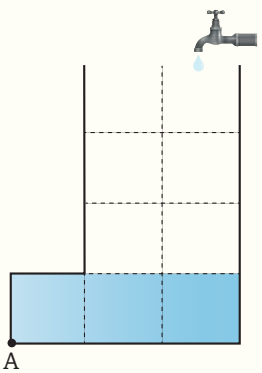
Benzer şekilde L noktası, yukarısındaki d_1 ve d_2 yoğunluklu sıvılardan, K noktası ise sadece d_1 yoğunluklu sıvıdan kaynaklanan basınçların etkisindedir. Buna göre,

L noktasındaki basınç $P_L = h_1 \cdot d_1 \cdot g + h_2 \cdot d_2 \cdot g$,

K noktasındaki basınç ise, $P_K = h_1 \cdot d_1 \cdot g$ olur.

ÖRNEK PROBLEM

Şekildeki eşit hacim bölmeli kaba 3m kütleli sıvı konulduğunda kabın tabanındaki A noktasında sıvı basıncı P oluyor. Musluk açılıp kabın geri kalan bölümleri, kaptaki sıvıyla karışmayan başka bir sıvıyla doldurulduğunda sıvıların toplam kütlesi 6m oluyor. Buna göre, A noktasındaki sıvı basıncı kaç P bulunur?



ÇÖZÜM

İlk durumda üç hacim bölmesi doludur. Bu durumda A noktasındaki sıvı basıncı,

$P_A = h \cdot d \cdot g = P$'dir.

Üç hacim bölmesini dolduran sıvının kütlesi 3m olduğuna göre buradaki sıvının yoğunluğu,

$3m = 3V \cdot d_1 \Rightarrow d_1 = \frac{m}{v} = d$ olsun.

Musluktan akıtılarak kabın boş olan 6 hacim bölmesini dolduran sıvının kütlesi $6m - 3m = 3m$'dir. Bu sıvının yoğunluğu,

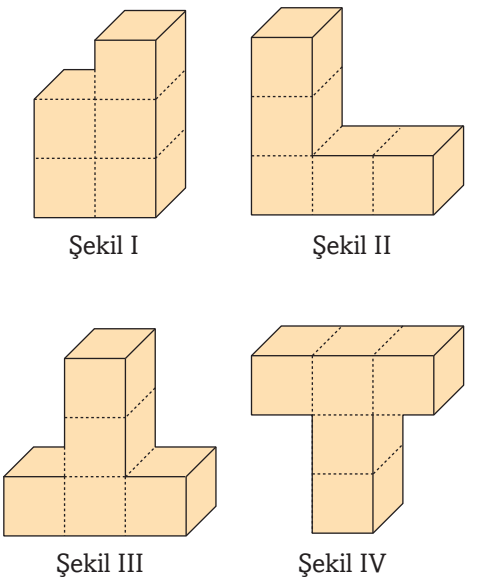
$3m = 6V \cdot d_2 \Rightarrow d_2 = \frac{3m}{6V} = \frac{m}{2V} = \frac{d}{2}$ bulunur.

Yeni durumda A noktasındaki toplam sıvı basıncı,

$P'_A = h \cdot d \cdot g + 3h \cdot \frac{d}{2} \cdot g = P + \frac{3}{2}P = \frac{5}{2}P$ olur.

Durgun Sıvıların Basınç Kuvveti

Daha önce de açıklandığı gibi katı maddelerin üzerinde bulunduğu düzleme uyguladıkları basınç kuvveti, cismin ağırlığına eşit olup cismin düzlemde duruş biçiminden bağımsızdır. Bu sebeple aynı maddeden yapılmış düşey kesitleri ***Görsel 2.28***'de verilen eşit hacim bölmeli dört katı cismin üzerinde bulunduğu düzleme uyguladığı basınç kuvvetlerinin birbirine eşit olduğu rahatlıkla söylenebilir.



Görsel 2.28: *Katı cisimlerin basınç kuvvetleri ağırlıklarına eşittir. Ya sıvıların ki?*

Peki, ***Görsel 2.28***'deki katı cisimlerle aynı şekle sahip eşit hacim bölmeli içi boş kapların aynı tür sıvıyla doldurulması hâlinde kapların tabanlarında meydana gelen sıvı basınç kuvvetleri de birbirine eşit olur mu?

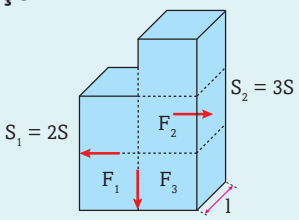
Hidrolik liftlerle, otomobillerin yukarı kaldırıldığından daha önce söz edilmişti. Otomobilleri yukarı doğru iten kuvvetin bir sıvı tarafından uygulandığını hiç düşündünüz mü? Söz konusu kuvvet, akışkan tarafından nasıl üretilir? Bu soruların cevaplarını verebilmek için öncelikle sıvı basınç kuvvetini tanımlamak gerekir. Bildiğiniz gibi bir kapta bulunan sıvı, dokunduğu yüzeylerde basınç oluşturduğunda, o yüzeye dik olan net bir kuvvet uygular. Bir yüzeyde meydana gelen basınç ile yüzey alanın çarpılmasıyla elde edilen bu net kuvvete **basınç kuvveti** denir.

$P = \frac{F}{S}$ formülünden basınç kuvveti $F = P \cdot S$ yazılır. Bu ifadede sıvı basıncı olan $P = h \cdot d \cdot g$ yerine yazılırsa kabın herhangi bir yüzeyinde etkili olan sıvı basınç kuvveti,

$$F = h \cdot d \cdot g \cdot S$$

şeklinde belirlenmiş olur. Formüldeki h, ilgili yüzeyin orta noktasının sıvı yüzeyine olan uzaklığıdır. Dolayısıyla $P = h \cdot d \cdot g$ ifadesi de bir yüzeydeki ortalama basınçtır. Ortalama basınç, aynı zamanda yüzeyin tam ortasındaki basınçtır.

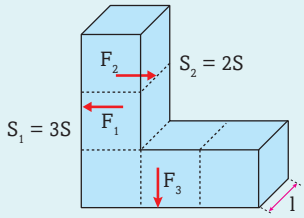
Şekil I



$F_1 = 2l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 4l \cdot d \cdot g \cdot S$

$F_2 = \frac{3}{2} l \cdot d \cdot g \cdot (3S) = \frac{9}{2} l \cdot d \cdot g \cdot S$

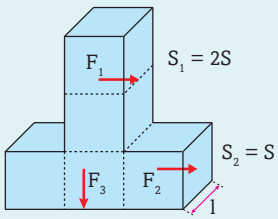
Şekil II



$F_1 = \frac{3}{2} l \cdot d \cdot g \cdot (3S) = \frac{9}{2} l \cdot d \cdot g \cdot S$

$F_2 = l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 2l \cdot d \cdot g \cdot S$

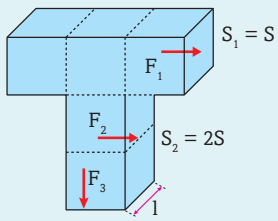
Şekil III



$F_1 = l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 2l \cdot d \cdot g \cdot S$

$F_2 = \frac{5}{2} l \cdot d \cdot g \cdot S$

Şekil IV



$F_1 = \frac{1}{2} l \cdot d \cdot g \cdot S$

$F_2 = 2l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 4l \cdot d \cdot g \cdot S$

Düşey kesitleri ***Görsel 2.29***'deki gibi olan içi boş, eşit hacim bölmeli (küp biçimli) kaplar aynı tür sıvı ile doldurulduğunda

Şekil I'deki kabın tabanındaki sıvı basınç kuvveti

$F_3 = 3l \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 6l \cdot d \cdot g \cdot S,$

Şekil II ve Şekil III'teki kapların tabanlarındaki sıvı basınç kuvvetleri

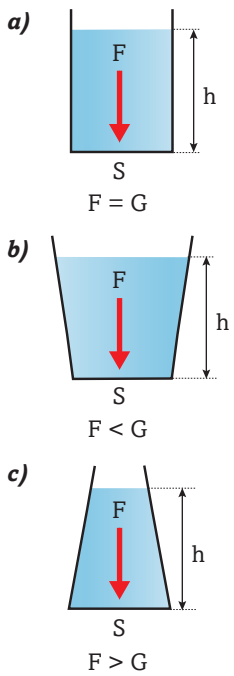
$F_3 = 3l \cdot d \cdot g \cdot (3S) = 9l \cdot d \cdot g \cdot S,$

Şekil IV'teki kabın tabanındaki sıvı basınç kuvveti

$F_3 = 3l \cdot d \cdot g \cdot S$ olarak belirlenir.

Her bir şekil üzerinde gösterilen S_1, S_2 ve S_3 yüzeylerinde oluşan basınç kuvvetlerinin, bu yüzeylerin geometrik ortaları esas alınarak hesaplandığına dikkat ediniz.

Görsel 2.29: *Sıvıların tabanında oluşan basınç kuvveti, kabın şekline bağlı olarak sıvının ağırlığından farklı olabilir.*



Görsel 2.30: a) *İçi sıvıyla dolu silindirik kap* ***b)*** *İçi sıvıyla dolu yukarı doğru genişleyen kesik koni şeklinde kap* ***c)*** *İçi sıvıyla dolu yukarı doğru daralan kesik koni şeklinde kap*

Görüldüğü gibi aynı yükseklikteki sıvı sütunları, büyüklükleri farklı olan yüzeylerde farklı büyüklükte basınç kuvvetleri meydana getirir. Bir kabın tabanını oluşturan yüzeyin her noktası sıvı yüzeyine eşit uzaklıkta olduğundan bu yüzeyin ortasındaki basınç, diğer noktalarındaki basınçtan farklı olmaz. Ancak kabın yan yüzeyi için aynı şey söylenemez. Bir kabın yan yüzeyindeki sıvı basınç kuvvetinin büyüklüğünü belirlemek için mutlaka ilgili yan yüzey ile yan yüzeyin ortasındaki basınç değerini çarpmak gerekir.

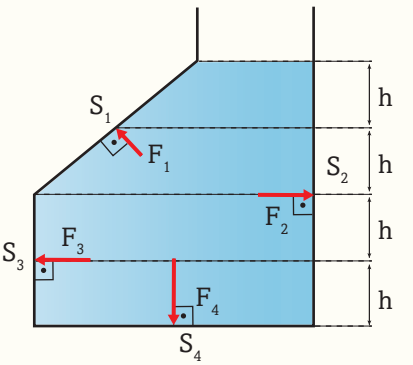
Düşey kesitleri ***Görsel 2.30***'da verilen farklı biçimde üç kap aynı tür sıvı ile aynı yüksekliğe kadar doldurulduğunda her üç kabın tabanını oluşturan yüzeylerdeki sıvı basınç kuvvetleri, birbirine eşit olup büyüklüğü $F = h \cdot d \cdot g \cdot S$'dir. Bu büyüklük değeri kabın ***Görsel 2.30.a***'daki gibi silindir, küp ya da dik prizma olması hâlinde her zaman sıvı ağırlığına eşit olur. Ancak kap ***Görsel 2.30.b*** ve ***Görsel 2.30.c***'deki gibi yukarı doğru giderek genişleyen ya da daralan bir kesite sahip olursa tabanı oluşturan yüzeyde meydana gelen sıvı basınç kuvveti, kabın şekline bağlı olarak ağırlıktan küçük veya büyük olabilir.

ÖRNEK PROBLEM

Düşey kesiti şekildeki gibi olan kap, yoğunluğu d olan bir sıvıyla 4h yüksekliğinde doldurulmuştur. Kabın taban ve yan yüzeylerine etkiyen sıvı basınç kuvvetlerini karşılaştırınız. (S_1= 3S, S_2= 4S, S_3= 2S ve S_4= 3S).

ÇÖZÜM

Bir yan yüzeye etkiyen sıvı basınç kuvveti, o yüzeyin ortasında oluşan basınç ile yüzey alanının çarpımına eşittir. Yan yüzeyin ortasındaki basınç hesaplanırken yüzeyin tam orta noktasının sıvı yüzeyine olan uzaklığı göz önüne alınır. Buna göre S_1, S_2, S_3 yan yüzeylerinde oluşan basınç kuvvetlerinin büyüklükleri,



$F_1 = h \cdot d \cdot g \cdot S_1 = h \cdot d \cdot g \cdot 3S = 3h \cdot d \cdot g \cdot S$

$F_2 = 2h \cdot d \cdot g \cdot S_2 = 2h \cdot d \cdot g \cdot (4S) = 8h \cdot d \cdot g \cdot S$

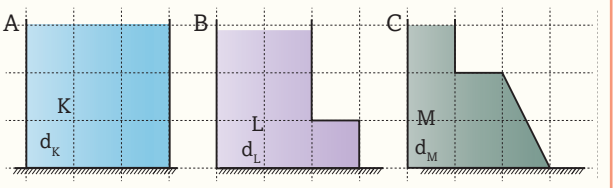
$F_3 = 3h \cdot d \cdot g \cdot S_3 = 3h \cdot d \cdot g \cdot (2S) = 6h \cdot d \cdot g \cdot S$ olarak belirlenir.

Tabanı oluşturan yüzeydeki sıvı basınç kuvveti ise

$F_4 = 4h \cdot d \cdot g \cdot (3S) = 12h \cdot d \cdot g \cdot S$ büyüklüğünde olur. Buna göre, $F_4 > F_2 > F_3 > F_1$ yazılır.

ÖRNEK PROBLEM

Düşey kesitleri yanda verilen eşit hacim bölmeli A, B ve C kaplarına sırasıyla aynı sıcaklıktaki K, L ve M sıvıları konuluyor. Kapların tabanlarında meydana gelen sıvı basınç kuvvetleri eşit olduğuna göre sıvıların özkütleleri d_K, d_L, d_M arasındaki ilişki nasıl olur?



ÇÖZÜM

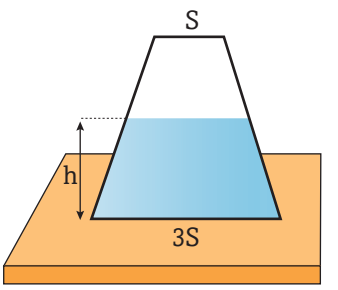
Her bir bölmenin taban alanı S olsun.

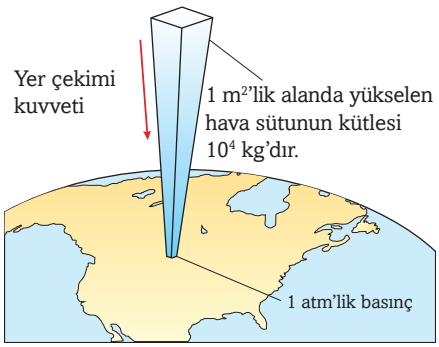
$F_A = F_B = F_C$ verildiğinden,

$3h \cdot d_K \cdot g \cdot 3S = 3h \cdot d_L \cdot g \cdot 3S = 3h \cdot d_{Mc} \cdot g \cdot 3S \Rightarrow d_K = d_L = d_M$ olur.

ALIŞTIRMA

Düşey kesiti yanda verilen kapalı kabın içerisinde h yüksekliğinde su bulunmaktadır. Bu durumda kabın tabanındaki sıvı basınç kuvveti F_1, kabın üzerine konulduğu yatay düzlemdeki basınç kuvveti F_2'dir. Kap ters çevrilerek S büyüklüğündeki yüzeyi üzerinde aynı düzleme oturtulursa F_1 ve F_2 nasıl değişir? Açıklayınız.





Görsel 2.31: *Deniz seviyesinde $1m^2$ lik bir yüzeyle sınırlanmış şekildeki hava sütununun kütlesi yaklaşık olarak 10 000 kg'dır. Bu kütlenin ağırlığından dolayı oluşan basınç yaklaşık 100 kPa'dır.*

Bilime Hizmet Edenler

Blaise Pascal (1623-1662)

Fransa'nın Clermont-Ferrand (Klermon Farrand) kentinde doğdu. Henüz 12 yaşındayken, hiç geometri bilgisine sahip olmadığı halde daireler ve eşkenar üçgenler çizmeye başlayarak bir üçgenin iç açılarının toplamının iki dik açıya eşit olduğunu kendi kendisine buldu. Modern olasılık teorisini ortaya attı, fizik alanında araştırmalar yaptı. Onun çalışmaları sonucunda ilk şırınga, ilk dijital hesap makinesi ve basınç iletimine dayanan hidrolik sistemler icat edildi (Görsel temsilîdir.).

https://bit.ly/2PKzH4g

Açık Hava (Atmosfer) Basıncı

Bir gaz örneğinin fiziksel tanımını tam olarak ifade edebilmek için onun sıcaklık, hacim, miktar (molekül sayısı) ve basıncını bilmek gerekir. Bu değişkenlerin çoğu birbirinden bağımsız değildir. Sıralanan değişkenlerden üçünün değeri biliniyorsa dördüncünün değeri hesaplanabilir. Gazlar hakkında ancak bu değişkenlerin aldığı değerler çerçevesinde konuşulabilir. Gaz maddelerin molekülleri arasındaki mesafe, sıvılara göre daha fazla olduğundan molekül hareketleri de sıvılara göre daha az kısıtlanmış olur. Gazlar, içine konulduğu kabın tüm hacmini işgal eder, homojen dağıldıkları kap içerisinde moleküllerinin rastgele hareketi nedeniyle basınç oluşturur. Birim zamanda birim yüzeye çarpan molekül sayısı eşit kabul edildiğinden kabın her noktasındaki gaz basıncı da eşit olur.

Kapalı kaplardaki gazların hacmini içine konulduğu kap sınırlarken Dünya çevresindeki çok büyük gaz kütlesini, yer çekimi kuvveti sınırlar ve atmosfer tabakasının oluşmasına sebep olur. Gaz molekülleri Güneş'ten aldığı enerjiyle kazandıkları hareket sayesinde yeryüzüne çökmekten kurtulur. Kütlesinin yaklaşık %99'u ilk 32 km'nin, yarısı ise 5,5-6 km'nin içinde yer alan atmosfer, yerküreyi saran hava tabakasıdır. Yapısı yaklaşık %99 oranında N_2 ve O_2, %1 oranında Argon, Neon, Helyum ve su buharı gibi birçok maddeden oluşur. Havaküre, kendisini meydana getiren bu maddelerin moleküllerinin ağırlığı ve hareketi sebebiyle çevremizdeki bütün varlıkların üzerine bir kuvvet uygular. Uygulanan kuvvetin birim yüzey alanına düşen payına **açık hava basıncı** veya **atmosfer basıncı** denir. Deniz seviyesinde 1 m^2 lik bir yüzeye düşen havanın ağırlığı yaklaşık olarak 100 000 N'dır. Bu kuvvetin oluşturduğu basınç ise yaklaşık 10^5 N/m^2 dir. Bizler artan irtifa ile yoğunluğu giderek azalan bir gaz okyanusunun dibinde yaşıyoruz ***(Görsel 2.31)***.

Açık hava basıncı bu denli yüksek kuvvetin etkisiyle meydana gelse de çoğu zaman bunun farkında bile olmayız. Çünkü bu basınç, vücut içi sıvı basıncı tarafından dengelenir. Yüksek irtifalarda hava, nefes alma şeklimizi etkileyen çok düşük bir basınca sahiptir. Dağcılar, Ağrı Dağı gibi deniz seviyesinden oldukça yüksek yerlere tırmandıklarında, vücutlarının buradaki düşük basınca (397,8 mmHg) uyum sağlaması için zaman zaman belli yüksekliklerde günlerce süren molalar verirler.

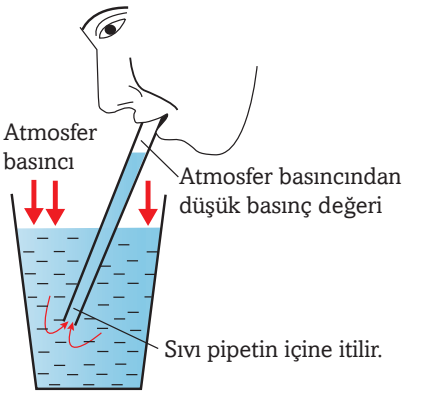
Açık hava basıncının etkisini göstermek amacıyla 1657 yılında Alman Fizikçi Otto Von Guericke (Otto fon Gurik), Magdeburg Yarım Küreleri Deneyi olarak bilinen bir deney yapar. Guericke, Almanya'nın Magdeburg kentinde yarıçapı 25 cm olan iki yarım küreyi conta olarak kullandığı balmumu yardımıyla hava sızdırmayacak şekilde bir araya getirir. Oluşan tam kürenin içindeki havayı birindeki musluk üzerinden pompa kullanılarak boşaltır. Bu yarım kürelere çok sayıda atı zıt yönde koşarak ayırmaya çalışsa da hava ba-

sıncından dolayı başarılı olamaz ***(Görsel 2.32)***. Çünkü açık havanın oluşturduğu basınç kuvveti küreleri sıkıca bir arada tutuyordu.

Görsel 2.32: *Magdeburg Yarım Küreleri Deneyi atmosfer basıncının etkisini gösteren önemli bir deneydir.*

Atmosfer basıncının etkilerini çok farklı alanlarda görürüz. Vantuzlar, açık hava basıncının etkisiyle tutundukları cam ve duvar gibi yüzeylere zarar vermeden çok farklı amaçlar için kullanılır.

Bir pipet kullanılırken de atmosfer basıncından yararlanılır. Pipetle bir sıvı içildiğinde emme sonucunda pipetin içindeki hava basıncı azalır. Sıvı yüzeyine etki eden atmosfer basıncı, pipet içindeki basıncı yener. Basınç farkı dolayısıyla ortaya çıkan kuvvet, sıvıyı pipet içinde yukarı iter ***(Görsel 2.33)***.



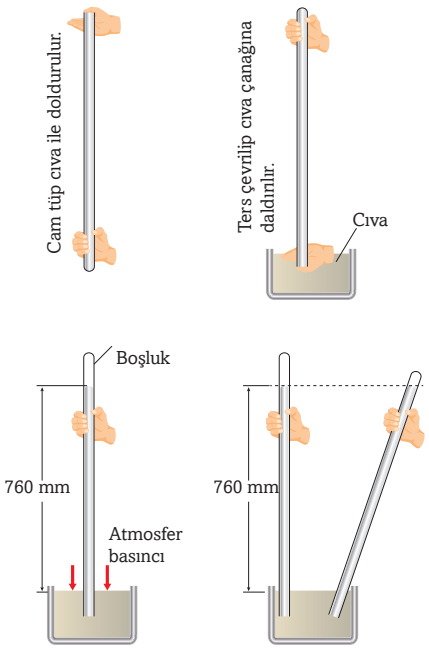
Görsel 2.33: *Açık hava basıncı, sıvının pipet içerisinde yükselmesini sağlar.*

Tablo 2.1'de bazı tipik sayılabilecek ortamlardaki basınç değerleri verilmiştir. Tabloya bakarak "Maddenin olduğu her yerde basınçtan söz edilebilir." çıkarımını yapabilir, farklı ortamların basıncını açık hava basıncıyla karşılaştırabilirsiniz.

Tablo 2.1: *Bazı tipik yerlerdeki basınç değerleri*

Yer	Basınç (Pascal, Pa)
Güneş'in merkezi	$2 \cdot 10^{16}$
Dünya'nın merkezi	$4 \cdot 10^{11}$
Mariana Çukuru (10 994 m; Dünya'nın en derin çukuru, Büyük Okyanus)	$1{,}1 \cdot 10^{8}$
Bir otomobilin lastiği	$2 \cdot 10^{5}$
Standart atmosfer basıncı (0 m; Deniz seviyesi)	$1{,}013 \cdot 10^{5}$
Kan basıncı	$1{,}6 \cdot 10^{4}$
Büyük Ağrı Dağı (5137 m; Türkiye'nin en yüksek tepesi, Iğdır-Ağrı/Türkiye)	$0{,}53 \cdot 10^{5}$
Everest Dağı (8848 m; Dünya'nın en yüksek tepesi, Nepal-Çin sınırı)	$4 \cdot 10^{4}$
Mars'ın yüzeyi	$7 \cdot 10^{2}$
Ulaşılabilen en mükemmel vakum ortam	$1 \cdot 10^{-12}$

Tablodaki basınç değerlerinin bir kısmı doğrudan ölçmeyle bir kısmı da yapılan modellemelerle belirlenmiştir.



Görsel 2.34: *Torricelli Deneyi*

Basınç Nasıl Ölçülür (Toricelli Deneyi)?

Atmosfer basıncını ölçmek için yapılan ilk deneylerden biri Evangelista Torricelli'ye (İvengelista Toriçelli,1608-1647) aittir. Torricelli, açık hava basıncını araştırırken deniz seviyesinde, 0 °C'ta, yaklaşık 1 m uzunluğundaki bir cam tüpü tamamen cıva ile doldurur. Ardından tüpü ters çevirerek içinde cıva bulunan çanağa daldırır ***(Görsel 2.34)***. Bu sırada tüpteki cıvanın bir kısmının çanağa boşaldığını ve bir süre sonra cıva seviyesinin 76 cm'de dengede kaldığını gözlemler. Ters çevirerek çanağa daldırdığı tüpün yatayla yaptığı açıyı değiştirdiğinde çanaktaki cıva düzeyi ile cam tüpteki cıva düzeyi arasındaki mesafenin 76 cm'de kaldığını görür. Bu sonuç, deneyin değişik kesit ve şekle sahip tüplerle yapılması hâlinde de değişmez. Yani deniz seviyesinde ve 0 °C'ta tüp içindeki cıva sütununun oluşturduğu basınç (sıvı basıncı) açık hava basıncına eşit demektir.

0 °C'da deniz seviyesinde açık hava basıncına P_0 diyelim.

$P_0 = P_{cıva}$ $(d = 13{,}6\ g/cm^3)$

$P_0 = h \cdot d \cdot g = 0{,}76 \cdot 13\,600 \cdot 9{,}8$

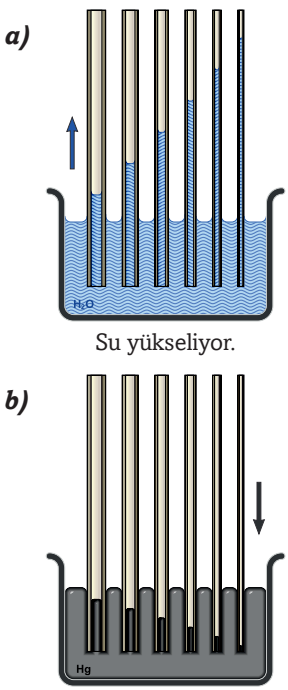
$P_0 = 101\,300$ Pa (Bu değer yaklaşıktır.)

Bu değere 1 atmosfer (atm) basıncı denir.

Günlük yaşamda çok farklı basınç birimleri kullanılmaktadır. Atmosfer basıncının diğer basınç birimleriyle ilişkisi,

$$1\ atm = 76\ cmHg = 760\ mmHg = 760\ Torr = 1{,}013 \cdot 10^5\ Pa\ (N/m^2) = 1{,}013\ Bar$$

şeklindedir.



Görsel 2.35: *Kılcallık olayı* ***a)*** *Su-cam tüp* ***b)*** *Cıva-cam tüp*

Burada basınç birimi olarak karşımıza çıkan **torr**, barometreyi icat eden Torricelli'nin adına ithafen kullanılmaktadır. Daha çok meteorolojik raporların açıklanması sırasında duyduğunuz bar ve milibar birimleri yaklaşık 760 mm yüksekliğindeki Hg sütununun tabanında oluşturduğu basıncın karşılığıdır (760 mmHg = 1,013 bar = $1{,}013 \cdot 10^3$ milibar). Peki, Torricelli deneyinde kullanılan cıvanın cam tüp içinde yükselmesi ile 9. sınıfta öğrendiğiniz kılcallık aynı etkilerle mi meydana gelir? Bu iki olayı doğuran sebepler göz önüne alındığında neler söylenebilir?

Bir barometre tüpünde (bir ucu kapalı boruda) sıvının yükselmesine yol açan etkinin açık hava basıncı olduğunu öğrenmiştiniz. Ancak kılcallık etkisi, açık hava basıncından tamamen bağımsız olarak başka değişkenlerin yönettiği bir olaydır. Bu olayda sıvılar, her iki ucu açık çok ince (kılcal) borularda ve katılar içindeki boşluk, oyuk ve gözeneklerde adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin etkisinde yükselir ya da alçalır. Sıvının ***Görsel 2.35.a***'daki gibi yükselmesinin sebebi, boru ile sıvı molekülleri arasındaki adezyon (yapışma) kuvvetlerinin sıvı moleküllerinin kendi aralarındaki kohezyon (birbirini tutma) kuvvetlerine baskın olmasıdır. Sıvının ***Görsel 2.35.b***'deki gibi

alçalması ise tam tersi bir etki ile açıklanır. Bu durumda, sıvı moleküllerinin kendi aralarındaki kohezyon (birbirini tutma) kuvvetleri sıvı molekülleri ile boru arasındaki adezyon (yapışma) kuvvetlerinden daha büyüktür.

Görüldüğü gibi Torricelli deneyi ile kılcallık etkisini doğuran sebepler aynı değildir. Bu olaylar arasındaki farklar ***Tablo 2.2***'de özetlenmiştir. İnceleyiniz.

Tablo 2.2: *Torricelli Deneyi İle Kılcallık Olayı Arasındaki Farklılıklar*

Torricelli Deneyi	**Kılcallık Etkisi**
Yükselmenin sebebi açık hava basıncıdır.	Borunun iki ucu da açık olduğundan yükselme ve alçalmada açık hava basıncının bir katkısı yoktur. Kılcallık etkisi, adezyon ve kohezyon kuvvetleri arasındaki ilişkiden kaynaklanır.
Sıvı ile tüpün yapıldığı maddenin cinsi arasındaki ilişki önemli değildir.	Sıvı ile tüpün yapıldığı maddenin cinsi arasındaki ilişki kılcallığın asıl sebebidir.
Yükselme, tüpün yarıçapına ve yapıldığı maddenin cinsine bağlı değildir.	Kılcallık etkisiyle sıvının boruda yükselmesi ya da alçalması borunun kesit alanına ve yapıldığı maddenin cinsine bağlıdır. Borunun kesit alanı arttıkça kılcallık etkisi azalır.
Sıvı, tüpte (bir ucu kapalı cam boru) yükselir.	Sıvı, iki ucu açık boruda yükselir veya alçalır.

ÖRNEK PROBLEM

I. Sadece bir ucu kapalı cam tüpler kullanıldığında gözlemlenir.
II. Sadece iki ucu açık borular kullanıldığında fark edilir.
III. Kullanılan sıvının özkütlesi arttıkça sıvının yükselme miktarı azalır.

Yargılarından hangisi Torricelli deneyindeki sıvı yükselmesinin kılcallıktan farkını ifade etmek için kullanılabilir?

ÇÖZÜM

I. Torricelli deneyinde bir ucu kapalı borular kullanılmalıdır. Aksi hâlde borunun hem havaya açık ucu hem de sıvıya daldırılan ucu açık hava basıncına maruz kaldığından birbirini dengeler ve sıvı tüp içinde yükselmez.

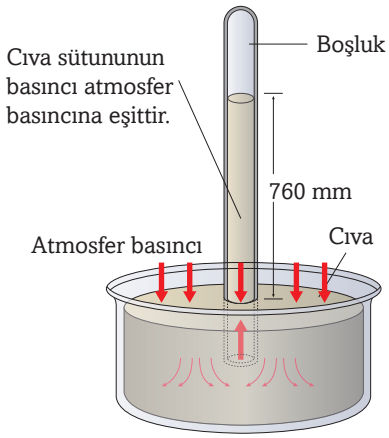
II. Kullanılan sıvı iki ucu açık boruda yükseliyorsa bunun sebebi kılcallıktır.

III. Torricelli deneyinde $P = h \cdot d \cdot g$ ifadesinden dolayı kullanılan sıvının özkütlesi (d) arttıkça yükselme miktarı (h) azalır.

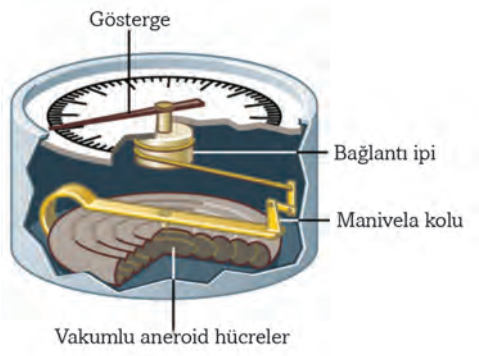
Cevap I ve III olur.

ALIŞTIRMA

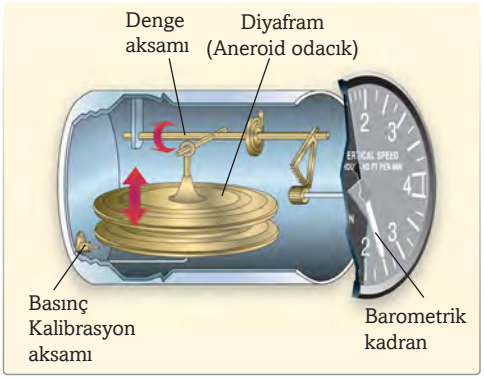
Emel, suda derinlere dalmak için bir dalış düzeneği tasarlar. Tasarımını yapmak için yeterince uzun bir bahçe hortumu ve büyükçe bir strafor bloğu temin eder. Hortumu su seviyesinin üzerinde tutmak için bahçe hortumunun bir ucunu strafor bloğuna bağlar. Derinlere dalarken hortumun diğer ucundan nefes alacaktır. Sizce Emel'in bu düzeneği işe yarar mı? Açıklayınız.



Görsel 2.36: *Cıvalı barometre*



Görsel 2.37: *Aneroid barometre*



Görsel 2.38: *Altimetre*

Barometre

Barometreler açık hava basıncını ölçmek için kullanılan araçlardır. ***Görsel 2.36***'daki düzenek basit bir barometredir. Barometrelerde hava, su ya da başka akışkanlar da kullanılarak ölçüm yapılabilir. Bir cıvalı barometrede, cam tüpün içindeki cıva sütununun yüksekliği esas alınarak basınç değeri ifade edilir. Çanaktaki cıva, üzerine kuvvet uygulayan atmosfer basıncına maruz kalır. Basınçtaki artış cıvayı tüp içinde yükselmeye zorlar. Basınç düştüğünde ise cıva borudan çanağa akar ve yüksekliği azalır. Bu tür bir barometre laboratuvar veya hava gözlem istasyonlarında kullanmak için elverişlidir. Ancak taşınması ve okunması zordur. Cıvalı barometrelere, sınırlı kullanım alanına sahip olması ve taşınma zorluğu nedeniyle alternatif olarak metal barometreler geliştirilmiştir. Metal barometreler sıvıya ihtiyaç duymayan (aneroid) araçlardır. ***Görsel 2.37***'de gösterildiği gibi bir aneroid barometre, basınçtaki değişikliklerle hacmi değişen **vakumlu aneroid hücresi** adı verilen kapalı odacıklar içerir. Barometrenin basınç göstergesi, basınç ölçümü için aneroid hücrelere mekanik bağlantılarla monte edilmiştir. Aneroid barometrenin bağlantı mekanizmasından ötürü, bir cıvalı barometre kadar hatasız olmayacağı unutulmamalıdır. Aneroid barometreleri okumak ve taşımak cıvalı barometrelere göre daha kolaydır.

Altimetre

Hava taşıtlarının önemli ölçüm aletlerinden biridir. Bu alet, pilota deniz seviyesinden ne kadar yüksekte bulunduğunu gösterir. Bir altimetrenin basınç algılama bölümü esas olarak bir aneroid barometredir. Barometreler hava basıncını mmHg veya milibar cinsinden ölçer. Ancak altimetre, yüksekliği doğrudan metre veya feet gibi uzunluk ölçüsü birimleri cinsinden gösterir ***(Görsel 2.38)***.

Yeryüzünden uzaklaştıkça hava basıncı düşer. Bunun sebebi, hava sütunu yüksekliğinin azalması, dolayısıyla bu sütunun ağırlığının azalmasıdır. Basınç ile yükseklik arasındaki bu ilişkiden deniz seviyesinin üzerindeki herhangi bir noktanın yüksekliği kolaylıkla belirlenir.

Batimetre

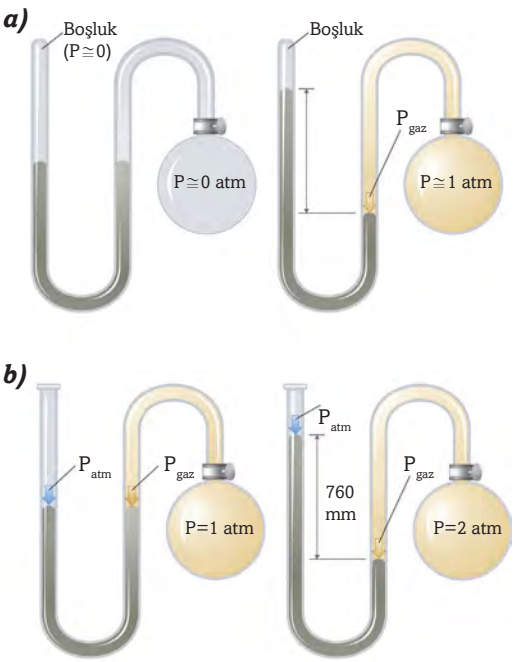
Okyanusların, denizlerin ve göllerin yüzeye göre derinliğini basınç değişiminden faydalanarak ölçen aletlerdir. Bir batimetrede derinlik, basınç değişimine bağlı olarak ölçülüp uzunluk ölçüsü birimi cinsinden okunur.

Manometre

Kapalı kaplardaki gaz basıncını ölçmek için kullanılan araçlardır ***(Görsel 2.39)***. Genel olarak sıvılı ve metal olmak üzere iki çeşittir. Sıvılı manometreler de farklı şekillerde olmasına rağmen aksi belirtilmedikçe daha çok camın U harfi şeklinde kıvrılmasıyla oluşan boru veya tüp manometreler kastedilir ***(Görsel 2.40)***. U şeklindeki cam borudan oluşan manometrelere **açık uçlu**, aynı şekildeki cam tüpten oluşan manometrelere de **kapalı uçlu manometre** denir. Boru ya da tüp içinde bulunan sıvı, kapalı kaptaki gazın basıncına bağlı olarak seviye değiştirir. İki koldaki seviye farkından yararlanılarak basınç belirlenir.

Kan dolaşımı sırasında damarlarda oluşan basınca **tansiyon** veya **kan basıncı** denir. Kan basıncını ölçmek için kullanılan tansiyon aleti (sfigmomanometre), özel bir manometredir. Manometre, basıncı mmHg cinsinden okumak için kalibre edilmiştir. Kan basıncı okumaları genellikle sistol (kasılma) basıncının diyastol (gevşeme) basıncına oranı olarak ifade edilir, bu da sağlıklı bir kalp için 120/80 civarındadır.

Görsel 2.39: *Bir boru hattında akışkan basıncı kontrol altında tutmak için kullanılan manometre*



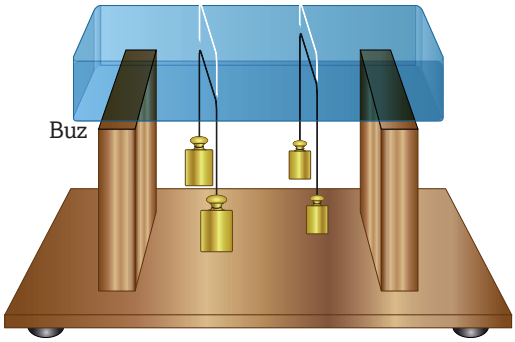
Görsel 2.40: a) *Kapalı uçlu manometre. U borusunun kapalı ucu vakum ortamdır (P ≅ 0). İki koldaki sıvının yükseklikleri arasındaki fark kapalı kabın içindeki gaz basıncını verir (P = 1 atm = 760 mmHg).* ***b)*** *Açık uçlu manometre. U borusunun sol kolu atmosfere açıktır. İki kolun yükseklikleri arasındaki fark, atmosfer basıncı ile gazın basıncı arasındaki farkı verir (P_{Fark} = 1 atm = 760 mmHg).*

Basıncın Hâl Değişimine Etkisi

Bir maddenin hâl değişim sıcaklığı, genellikle deniz seviyesindeki basınca göre ifade edilir. Bunun sebebi, hâl değişim sıcaklığına çevre basıncının etki etmesidir. Örneğin su deniz seviyesinde 0 °C'ta (32 °F) donar, 100 °C'ta (212 °F) kaynar. Maddenin içinde bulunduğu ortamdaki basınç değiştiğinde maddenin hâl değişim sıcaklığı da değişir. Bu basınç değişimi ne kadar fazla olursa hâl değişim sıcaklığı da o kadar fazla değişmiş olur. Basıncın hâl değişim sıcaklığı üzerindeki etkisi her maddede aynı biçimde gözlenmez. Çünkü su, bizmut ve antimon gibi maddelerin eriyince hacmi azalırken pek çok maddenin artar. Bir saf madde eridiği sıcaklıkta donar. Erime sırasında hacmi artan altın, çinko ve demir gibi maddelerin bulunduğu ortamın basıncının artması sonucunda bu ortamdaki erime noktası yükselir (erimesi zorlaşır). Aynı maddelerin basınç azalması karşısında erime noktası düşer (erimesi kolaylaşır).

Su, bizmut ve antimon gibi maddelerin erirken hacmi azalır, donarken hacmi artar. Bu tür maddelerin erime noktası basınç arttıkça düşer, basınç azaldıkça yükselir. Örneğin kışın hava sıcaklığı 0 °C' un altında olduğu günlerde arabaların ezdiği ya da üzerine bastığınız karların eridiği görülür. Normal şartlarda 0 °C'ta eriyen buz, artan basınç etkisiyle –6 °C'ta eriyebilir. Sıcaklığı 0 °C'tan düşük olan bir

a)



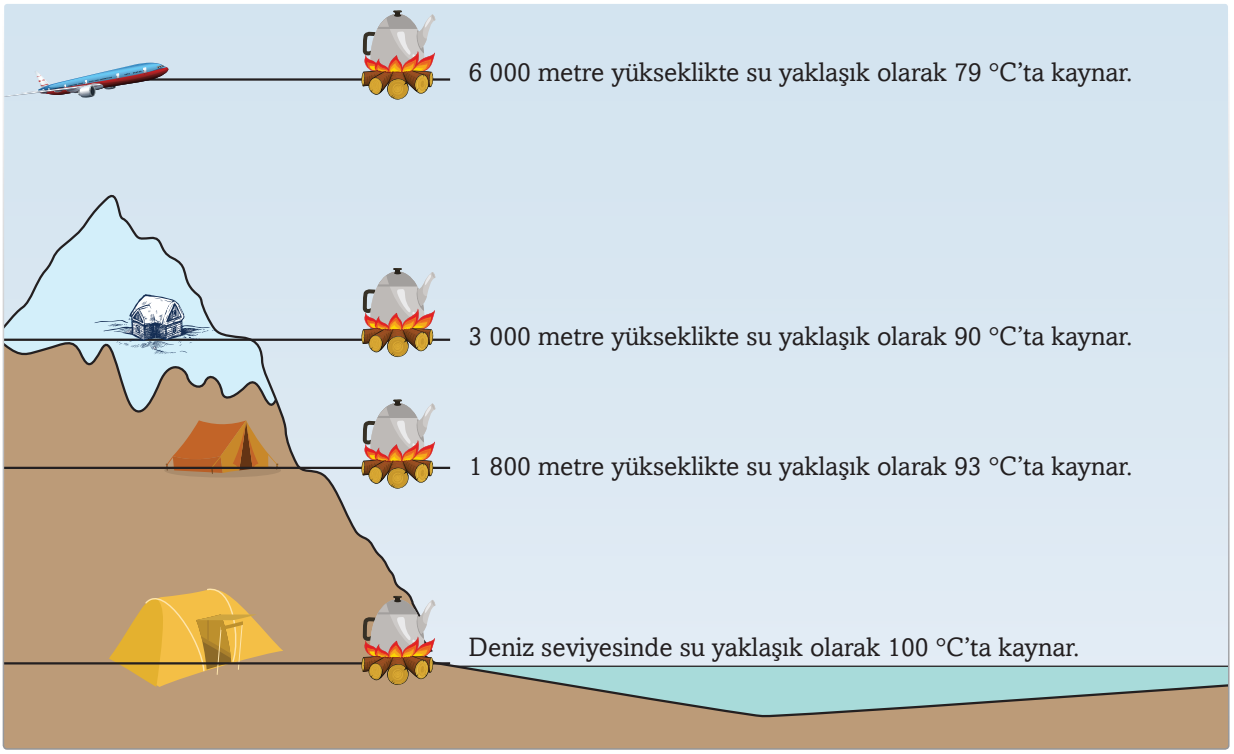
b)

Görsel 2.41: *Ağırlık etkisiyle buz üzerinde oluşan basınç, buzun daha kolay erimesini sağlar.*

buz kalıbının üzerine metal tellerle asılan ağırlıkların oluşturduğu basınç, bir süre sonra buz kalıbının erimesini sağlayarak telin buz içerisinde aşağı doğru ilerlemesine yol açar ***(Görsel 2.41.a)***. Basınç arttıkça erime hızlanır. Bu durum, buz pateni sporunun daha kolay yapılmasını sağlar ***(Görsel 2.41.b)***. Patenlerin buza temas eden yüzey alanı normal ayakkabılara göre oldukça küçüktür. Bu sebeple deniz seviyesinde normal basınçta 0 °C'ta eriyen buz, üzerinde oluşan yüksek basınçtan dolayı 0 °C'tan daha düşük sıcaklıklarda eriyerek kaymayı kolaylaştırır.

Yaz mevsiminde hava sıcaklığı 0 °C'un altında olmadığı hâlde yüksek dağların zirvelerinde kalıcı (toktağan) karların görülmesi buralarda basıncın düşüklüğüne bağlı olarak erime noktasının yükselmiş olduğunu ortaya koyar.

Su, oda sıcaklığında kaynar mı? Bu soru sizlere tuhaf gelebilir ama aslında bunu yapmak oldukça kolaydır. Su, havanın çoğunun tahliye edildiği bir kapalı ortamda oda sıcaklığında hatta daha düşük sıcaklıklarda bile kaynatılabilir. Çünkü kaynama, sıvının yüzeyindeki buhar basıncı ile dış basıncın eşit olduğu durumda sabit sıcaklıkta gerçekleşen bir hâl değişim olayıdır. Havanın yoğunluğu yükseklere çıktıkça azalır. Buna bağlı olarak atmosfer basıncı da azalır. Atmosfer basıncının düşük olduğu ortamlarda, sıvının buhar basıncının atmosfer basıncına eşitlenmesi kolaylaştığı için kaynama noktası düşer ***(Görsel 2.42)***.



Görsel 2.42: *Yükseklere çıktıkça basınç azalır, kaynama noktası düşer.*

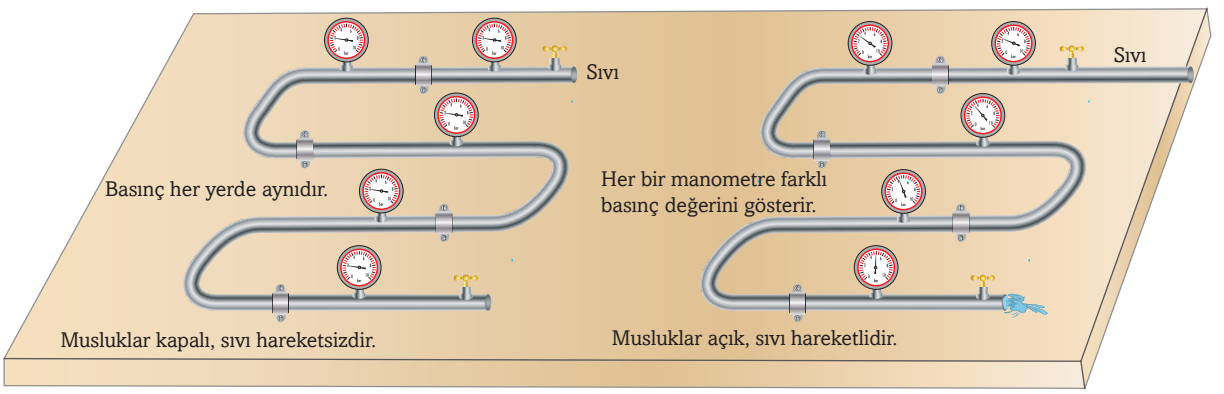
Düdüklü tencerelerin içerisindeki basınç, açık hava basıncından büyük olduğu için bu kaplarda yemekler daha hızlı pişer. Atmosfer basıncı altında 100 °C'ta kaynayan su, düdüklü tencerede yüksek buhar basıncından dolayı 100 °C'un üzerindeki bir sıcaklık değerinde (130 °C-150 °C) kaynar ve yemeklerin bu yüksek sıcaklıklarda daha kısa sürede pişmesini sağlar. Yemek pişirilen düdüklü tencerenin içerisindeki gaz boşalmadan kapağı açılmamalıdır. Aksi hâlde yüksek basınçtan dolayı tencerenin kapağı fırlayabilir ve etrafa dağılacak sıcak suyla birlikte istenmeyen yaralanmalara yol açabilir.

Bunları biliyor musunuz?

Su, donarken suyun hacmi artar. Suyun bu özelliği, kayaçların parçalanarak uzun vadede toprağa dönüşmesine katkı sağlarken ne yazık ki kışın yollarda asfalt hasarlarına da yol açar. Su, yoldaki küçük çatlaklara sızıp buralarda donduğunda hacmi arttığı için çatlağı daha büyük hâle getirir. Arabalar bu çatlakların üzerinden geçerken asfalt parçalanır.

Hareketli Akışkanlarda Basınç: Bernoulli (Bernolli) İlkesi

Pascal Prensibi, kapalı kaplarda bulunan durgun akışkanlar üzerinde oluşturulan basıncın akışkan içinde ve kap çeperindeki her noktaya olduğu gibi iletildiğini ifade eder. Bükülmüş bir su borusunun çıkış musluğu kapalıyken borunun içindeki sıvı basıncı Pascal Prensibi'ne göre her yerde aynı olur ***(Görsel 2.43.a)***. Çıkış musluğu açılıp akışkan hareketi sağlandığında sürtünmelerden dolayı basınç aynı kalmaz. ***Görsel 2.43.b***'de görüldüğü gibi borunun farklı noktalarına bağlanmış manometrelerde okunan değerler farklı olur.



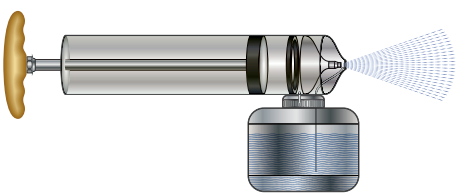
Görsel 2.43: *Hareketli akışkanın basıncı durgun, akışkanın basıncından farklıdır.*

Bu sebeple gerçek sıvılar, borularla uzak mesafelere taşınırken yol boyunca aynı basıncın korunabilmesi için belli aralıklarla pompalama istasyonları kurulur. Akışkan basıncı olarak adlandırılan hareket hâlindeki sıvı ve gazların basınçları, durgun akışkanlardan farklı değişkenlerin etkisinde meydana gelir. Bu değişkenlerden biri akışkanın süratidir. 1700'lerin başında, Daniel Bernoulli (Danyel Bernolli) adlı İsviçreli bir bilim insanı, hava veya su akarken hızını değiştirdiğinde basıncının da değiştiğini keşfetti.

Örneğin sıvı içine daldırılan iki ucu açık cam borunun üst ucundan, buna dikey doğrultuda basınçlı hava gönderilirse boru içerisindeki sıvı hareket kazanarak yükselir ***(Görsel 2.44)***. Çünkü bu bölgede basınç azalmıştır. Acaba bir akışkanın sürati ile basıncı arasında nasıl bir ilişki vardır? Bunun günlük hayatımızdaki örnekleri ve endüstrideki uygulama alanları nelerdir?

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/2SgbFe8



Görsel 2.44: *Haznedeki sıvı, basıncın az olduğu yere doğru yükselir.*

ETKİNLİK 2.2

Bir Akışkanın Sürati ile Basıncı Arasındaki İlişki

Araç ve Gereçler

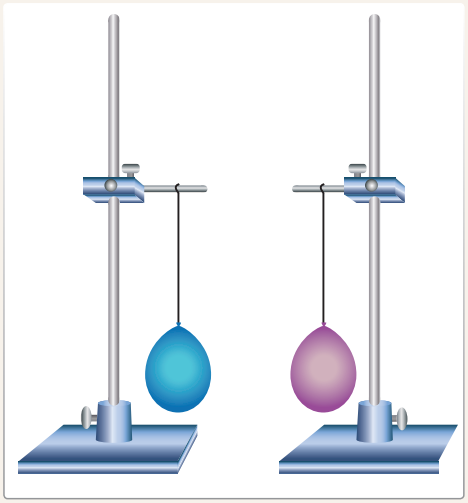
- 60 cm dikiş ipliği
- 2 adet destek çubuğu
- 2 adet döküm ayak
- 2 adet ikili bağlama parçası
- 2 adet statif çubuk
- 2 adet balon
- pipet
- makas

Etkinliğin Amacı

Bir akışkanın sürati ile basıncı arasındaki ilişkiyi keşfetmek.

Bunları Yapınız

- 60 cm'lik dikiş ipliğini iki eşit parçaya bölünüz.
- Balonları şişiriniz ve balonların ağızlarını bu iplik parçalarıyla sıkıca bağlayınız.
- Döküm ayakları, bağlama parçalarını, statif ve destek çubuklarını kullanarak oluşturduğunuz iki düzeneğe balonları şekildeki gibi asınız.
- Düzenekleri, balonlar arasında 5-6 cm mesafe olacak şekilde birbirine yakın konuma getiriniz.
- Balonların arasını üfleyiniz. Bu sırada balonların hareketini gözlemleyiniz.
- Ardından daha hızlı bir akışkan hareketi oluşturmak için balonların arasını pipet kullanarak üfleyiniz. Balonların hareketini tekrar gözlemleyiniz.



Soruları Cevaplayınız

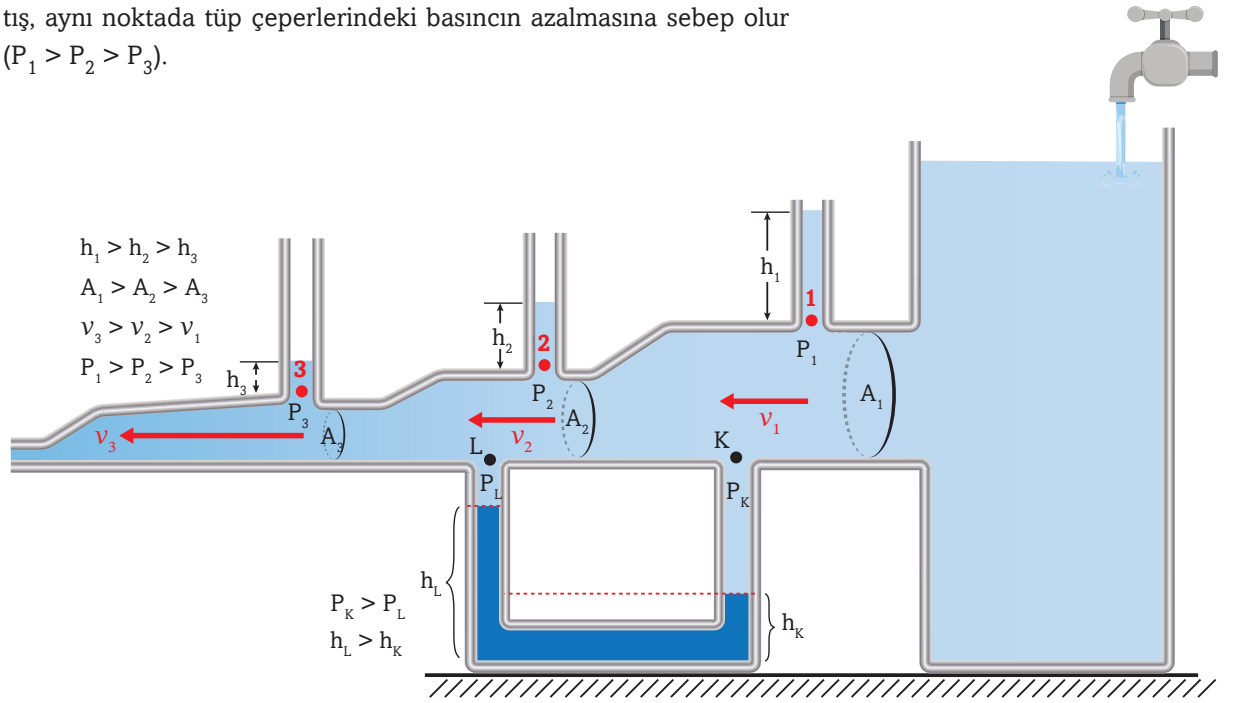
- Balonların arasına üflendiğinde balonlar hangi yönde hareket kazandı? Neden?
- Balonların arasına pipet kullanılarak üflendiğinde balonların sürati neden arttı?
- Daha büyük balonlar seçilip aralarına fön makinesiyle hava üflenseydi sonuç nasıl değişirdi? Tartışınız.

Bunları biliyor musunuz?

Hava akımlarından dolayı ev ve iş yerlerindeki bacaların üst kısımlarında basınç, alt kısımlarına göre düşüktür. Bu sebeple yanma sırasında çıkan duman, baca içerisinde oluşan alçak basınç bölgesine doğru hareket ederek dışarı atılır.

Esasen hareket hâlindeki akışkanların basıncındaki değişimin temelinde **enerjinin korunumu ilkesi** yatmaktadır. Bilindiği gibi kapalı bir sistemin enerjisi her zaman sabittir. Böyle bir sistem üzerinde iş yapılmazsa sistemin toplam enerjisinde bir artış sağlanmaz. Sabit süratli harekete sahip bir akışkan düşününüz. Akışkan dar bir kanaldan geçerken akışkanın hızı artar. Bu onun kinetik enerjisinin de arttığı anlamına gelir. Bu akışkanın dışarıdan bir etki olmadan sürati artıyorsa akışkanın içinde bulunduğu kabın çeperlerine uyguladığı basıncın azalması gerekir. Akışkanların sürati ile basıncı arasındaki bu ilişki, ilk olarak İsviçreli bilim insanı Daniel Bernoulli (Danyel Bernolli) tarafından "Akışkanların hızının arttığı yerde basınç azalır." şeklinde açıklanmıştır. Basınç değişiklikleri, Venturi tüpü modeli ile açıklanabilir: Kesit alanı değişen bir tüp içinde, iç direnci önemsiz bir akışkanın kararlı biçimde akması sırasında, tüp çeperinin değişik noktalarında oluşturduğu basınç aynı olmaz ***(Görsel 2.45)***.

Tüpün her kesitinden birim zamanda, aynı miktarda akışkan geçeceğinden dar kısımda hızın artması gerekir ($v_1 < v_2 < v_3$). Hızdaki bu artış, aynı noktada tüp çeperlerindeki basıncın azalmasına sebep olur ($P_1 > P_2 > P_3$).

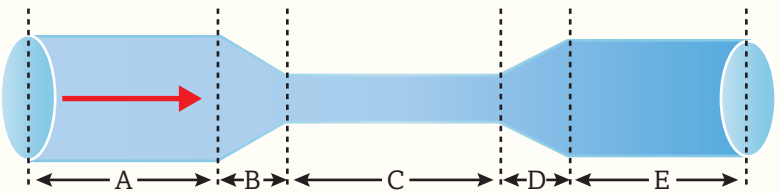


Görsel 2.45: *Venturi tüpünde kesit alanı değiştikçe akışkanın basıncı ve hızı da değişir. Hızın arttığı bölümlerde akışkan basıncı azalır.*

Akışkan basıncının artan hız ile azalması ilk başta şaşırtıcı gelebilir. Unutulmamalıdır ki burada "akışkan basıncı"yla kastedilen, akışkanın akışını engelleyen cisimler üzerinde oluşturduğu basınç değil, akışkanın içinde bulunduğu sistemin çeperine yaptığı basınçtır.

ÖRNEK PROBLEM

Kesiti şekilde verilen boru içerisinden ok yönünde sabit debili su akmaktadır. Suyun akış hızı A, B, C, D ve E bölümlerinden hangisi veya hangilerinde **a)** artar? **b)** azalır? **c)** sabit kalır?



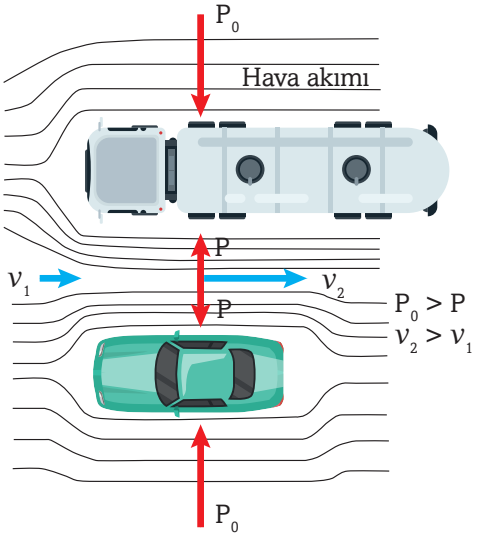
ÇÖZÜM

a) B bölümünün kesit alanı giderek azalmaktadır. Bu yüzden yalnız B bölümünde boru çeperine yapılan basınç giderek azalırken suyun akış hızı artar.

b) D bölümünün kesit alanı giderek artmaktadır. Bu yüzden yalnız D bölümünde boru çeperine yapılan basınç giderek artarken suyun akış hızı azalır.

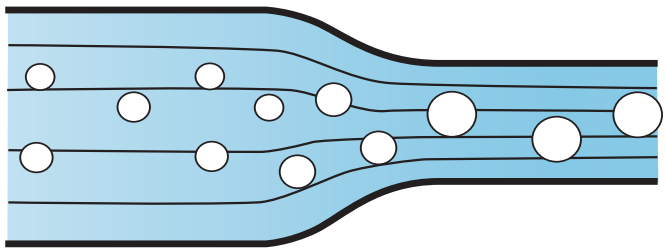
c) A, C ve E bölümlerinin kesit alanları kendi içlerinde sabittir. Bu yüzden A, C ve E bölümlerinde boru çeperlerine yapılan basınçlar kendi içlerinde sabit kalır ve suyun akış hızı değişmez.

Görsel 2.46: *Bahçe hortumunun sıkıştırılan bölgede su daha hızlı akar.*



Görsel 2.48: *Taşıtlar arasındaki dar kanaldan akan havanın akma hızı artarken basıncı azalır.*

Bahçe sularken hortumun ağzının bir miktar sıkıştırılması hâlinde suyun daha uzağa fışkırması, bu noktadan geçen suyun hızının artarken hortum çeperindeki basıncın azaldığını gösterir ***(Görsel 2.46)***. Akan sıvı içerisinde hava kabarcıkları varsa kabarcıkların basıncın büyük olduğu geniş bölümde küçükken basıncın düşük olduğu dar bölümde büyümüş olduğu görülür ***(Görsel 2.47)***.



Görsel 2.47: *Borunun dar bölümünde akışkan basıncı küçük olduğundan bu bölümdeki hava kabarcıkları geniş bölümdekilere göre daha büyüktür.*

Hızlı akan akışkanlarda basınç düşüşünün birçok yaygın örneği vardır. Duşakabin perdeleri, duş açıkken kabin içine girerek rahatsız edici bir hâl alır. Yüksek hızdaki su ve hava akımı kabin içinde daha düşük basınç alanı meydana getirir. Kabin dışındaki standart atmosfer basıncı ile kabin içindeki düşük basınç arasındaki fark, perdeyi içeri doğru iten bir net kuvvet doğurur.

Otomobilinizle otoyolda bir kamyonla yan yana geldiğinizde, otomobilinizin kamyona doğru çekilme eğiliminde olduğunu fark edersiniz. Otomobil ile kamyon arasındaki hava, oluşan dar bir kanalda akarken hızı artar ($v_2 > v_1$) ve bu dar kanal daha düşük bir basınç alanına dönüşür ($P_0 > P$). Sonuçta taşıtların dışarıdan içeri doğru itilmesine yol açan bir kuvvet oluşturur ***(Görsel 2.48)***.

ÖRNEK PROBLEM

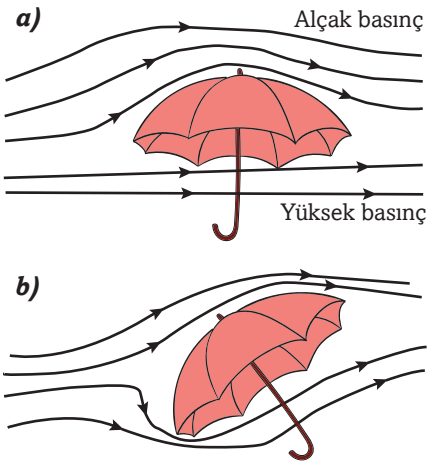
Hızlı tren geçerken tren yolunun yanında durmak neden tehlikelidir?

ÇÖZÜM

Bir tren yüksek hızla hareket ettiğinde, trenin çevresindeki havanın akış hızı da artmış olur. **Bernoulli İlkesi**'ne göre akışkan hızının arttığı yerde basınç azalır. Bu durumda tren yolunun yanı yüksek basınç bölgesi, trenin geçtiği yer ise düşük basınç bölgesidir. Yüksek basınç bölgesi ile alçak basınç bölgesi sınırında duran birisi basınç farkından doğan net kuvvetle alçak basınç bölgesine itilir.

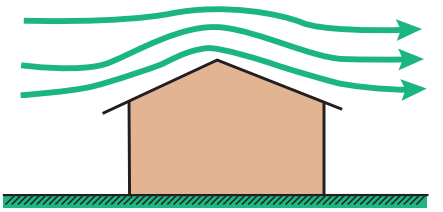
Günlük hayatta akışkan hareketinin sebep olduğu kapı çarpmaları, çatıların uçması, kullanılmakta olan şemsiyenin ters dönmesi gibi birçok olay Bernoulli İlkesi ile açıklanır.

Rüzgârlı zamanlarda hareket hâlindeki hava, ***Görsel 2.49.a***'daki gibi tutulmuş şemsiyenin tümsek yüzeyinin hemen hemen tamamını dolanır. Bu sırada üstteki hava tabakasının sürati alttaki hava tabakasından daha büyük olur. Tabakalar arasında meydana gelen basınç farkıyla oluşan yukarı yönlü kuvvet, şemsiyeyi rüzgârın altından geçebileceği kadar geriye atmaya çalışırken ters çevirir. Bu durumda şemsiye, ***Görsel 2.49.b***'deki gibi rüzgârın geliş yönüne doğru bir miktar eğildiğinde hava akışı şemsiye yüzeyine bölünmeye zorlanırsa Bernoulli etkisi azaltılabilir.



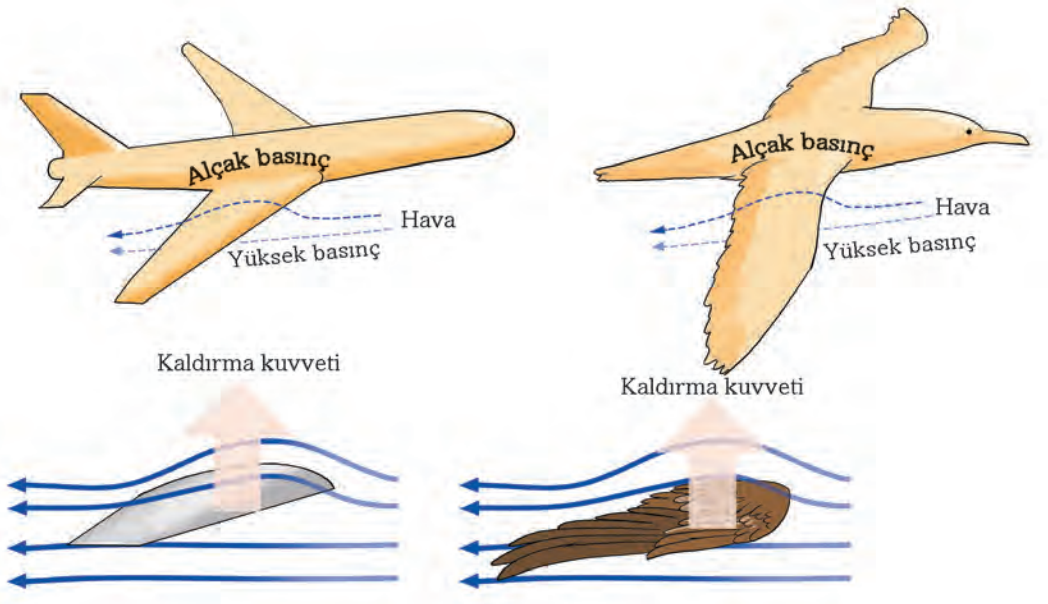
Görsel 2.49: a) *Bir şemsiyenin tümsek yüzünü yalayarak dolanan hava akımı, alttaki atmosfer basıncına göre alçak basınç alanıdır.* ***b)*** *Şemsiye biraz eğilerek rüzgârın etkisi şemsiye yüzeyine paylaştırılır.*

Şiddetli rüzgârlar bazı binaların çatılarını da uçurur. Çatıların genel olarak ***Görsel 2.50***'deki gibi olan eğrisel yapısı, üzerinden geçen hava akımını dar bir borudan geçen havaya benzer şekilde sınırlandırırken süratinin artmasına sebep olmaktadır. Sürati artan hava akımı, çatının üzerindeki hava basıncının azalmasına yol açar. Bu düşük basınç ile çatı altındaki yüksek atmosfer basıncı arasındaki fark, çatıda aşağıdan yukarıya doğru net bir kuvvet oluşturur. Net kuvvet, çok sıkı şekilde binaya bağlanmayan ya da mühendislik uygulamaları yeterince gözetilmeden yapılan çatıların uçmasına sebep olur. Hatalı yapılan bir çatının uçması için çatının alt ve üst bölümündeki basınç farkının çok fazla olması da gerekmez. Çünkü büyük bir çatı üzerindeki küçük bir ortalama basınç farkı, yukarı yönlü şiddetli bir kuvvet üretmeye yeter.



Görsel 2.50: *Rüzgârlı günlerde çatının üstündeki hava basıncı, altındaki hava basıncından düşük olur. Bu durum, çatı üzerinde alttan yukarıya doğru net bir kuvvet oluşturur.*

Bernoulli İlkesi'nin teknolojiye aktarılmasıyla çok sayıda endüstriyel ürün de elde edilmiştir. Tonlarca kütlesi olan uçakları buna örnek verebiliriz. ***Görsel 2.51***'de görüldüğü gibi uçakların kanatları kuş kanatlarıyla benzer bir şekle sahiptir. Kanatların üstünde havanın akış hızı yüksek olduğundan basıncı düşüktür. Kanatların altında hava basıncı sabit ancak yukarıya göre yüksektir.



Görsel 2.51: *Uçma sırasında aynı fizik ilkelerinden yararlanılır.*

Bilime Hizmet Edenler

Daniel Bernoulli
(1700 - 1782)

İsviçreli fizikçi ve matematikçi Bernoulli, akışkan dinamiğinde önemli keşifler yaptı. 20. yüzyılın iki önemli teknolojisi olan karbüratör ve uçak kanadının arkasında yatan matematiksel ifade ona aittir.

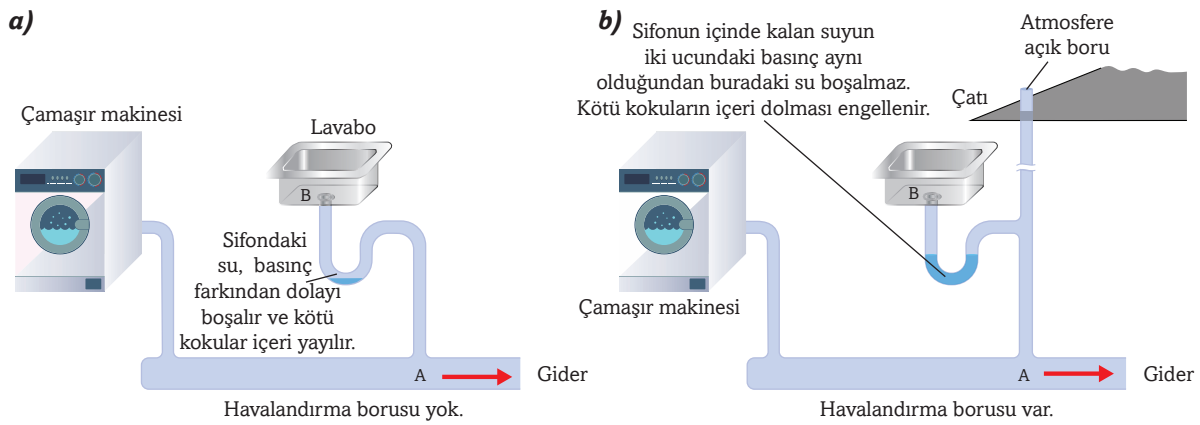
Bernoulli'nin en ünlü eseri olan ve 1733'te yayımlanan "Hydrodynamica" hem teorik hem de akışkanlardaki denge, basınç ve hız ile ilgili pratik bir çalışmadır. Bu yayında Bernoulli, aynı zamanda, değişen basınç ve sıcaklığa sahip gazların davranışının ilk açıklamasını da yaptı. Bu çaba, gazların kinetik teorisinin başlangıcıydı (Görsel temsilîdir.).

https://bit.ly/3sZ8AkU

Ancak uçaklar, kanatlarını çırpmak yerine, kullanılan motor sayesinde havayı iterek uçarlar. Uçak kanatları, üst kısmından geçen havanın daha hızlı hava hareketini sağlamak için şekillendirilmiştir. Havanın daha hızlı hareket ettiği bölümde hava basıncı azalır. Böylece, kanadın üstündeki basınç, kanat tabanındaki basınçtan daha küçük olur. Kanat üzerindeki ortalama basınç farkı kanat yüzey alanı ile çarpıldığında, yukarı doğru bir net kuvvet elde edilir. Bu kuvvet, kanadı havada basıncın küçük olduğu bölüme iterek uçağın havalanmasına yardımcı olan kuvvettir.

Bernoulli ilkesinin yaygın kullanım alanlarından biri de içten yanmalı motorlar için hava ve yakıtı harmanlayan karbüratörlerdir. Hava bir karbüratöre venturi tüpünden geçerek gelir. Hava venturi tüpünün dar kısmından geçerken sürati artarken basıncı azalır. Bu sayede karbüratörün yakıt besleme bölümündeki benzin yukarı çekilir. Yakıt süratle havayla karışırken küçük zerrecikler hâlinde yanma odasına geçer. Burada gerçekleşen yanma sonucunda elde edilen enerjiyle motor iş yapar.

Evlerin içerisindeki atık su tesisatını oluşturan kanallarından içeri sızacak istenmeyen kokuları önleyecek sistemler de Bernoulli ilkesi gözetilerek kurulur. Bu çerçevede her daireye özel bir havalandırma borusu ayrılır. ***Görsel 2.52.a***'da havalandırma borusu kullanılmadan yapılan hatalı bir atık su tesisatı görülmektedir. Tesisatın A harfi ile işaretlenmiş bölümünde atık suyun akış hızı büyük olduğundan basınç küçük olur. B harfi ile işaretlenmiş bölümdeki yüksek basınç U borusu şeklinde kıvrılmış sifonun içerisindeki suyun boşalmasına yol açar. Bu durumda atık su borusundaki istenmeyen kokular açık kanallardan evin içine ulaşır. Buna karşılık bir ucu çatıdan havaya açılan havalandırma borusunun kullanıldığı ***Görsel 2.52.b***'de böyle bir sorun yaşanmaz. Çünkü, U borusu şeklinde kıvrılmış sifonun uçlarındaki basınç birbirine eşit ve açık hava basıncı kadardır. A ve B ile belirtilen bu noktalar arasında basınç farkının bulunmaması sebebiyle sifonda sürekli duran su, kötü kokuların evin içerisine ulaşmasını engeller.



Görsel 2.52: *Bir evin içerisindeki atık su tesisatı.* ***a)*** *Hatalı yapılmış tesisat* ***b)*** *Olması gerektiği gibi yapılmış tesisat*

NE ÖĞRENDİNİZ? Hızları yüksek 2 tekne, birbirine yakın geçtiklerinde neden birbirine yaklaşma eğilimi gösterir?

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- **Bernoulli Prensibi**'yle açıklanabilecek olaylara günlük hayattan örnekler veriniz. Bu örneklerden birini açıklayan bir deneme yazınız. Denemenizi yazarken **basınç, basınç kuvveti** ve **akışkan** kavramlarını kullanınız.
- **Torricelli Deneyi** ile **kılcallık etkisi** asındaki farkları vurgulayan yarım sayfalık bir kompozisyon yazınız.

AÇIKLAYINIZ

1. Kapalı kaptaki sıvıların, uygulanan kuvveti nasıl ilettiğini açıklayınız.

2. Bir uçak kanadını oldukça geniş yapmanın uçağın havalanmasına sağladığı yarar nedir? Açıklayınız.

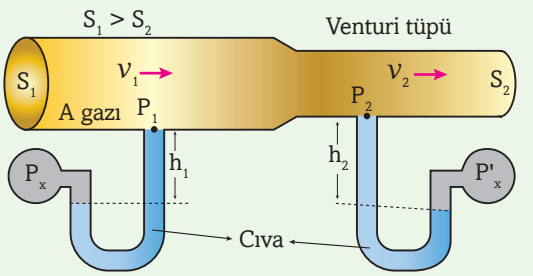
3. Bir branda, şekildeki gibi bir kamyonun yükünü kaplamak için kullanılmıştır. Kamyon hareket etmediğinde branda düzdür. Kamyon otoyolda hızlandığında branda neden şişerek dışarıya doğru çıkıyor? Açıklayınız.

Hareketsiz

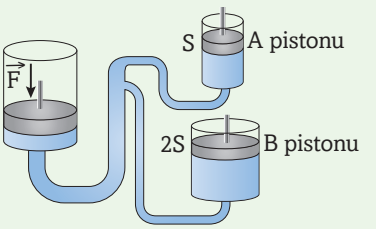
Hareket hâlinde

UYGULAMA

4. İçerisinden A gazı geçirilen ve kesiti yanda verilen venturi tüpüne özdeş manometreler şekildeki gibi bağlanıyor. P_x ve P'_x gaz basınçları birbirine eşit olduğuna göre manometrelerdeki h_1 ve h_2 cıva yüksekliği değerleri arasındaki ilişkisi nasıl olur? (Manometre borusu yeterince uzundur.)



5. "Şekildeki hidrolik sistemde, A ve B pistonlarındaki basınç artışı aynı olduğundan, her iki pistondaki kuvvet artışı da aynıdır." diyen bir öğrencinin görüşüne katılıyor musunuz? Neden?



6. Kenar uzunlukları sırasıyla X ve 2X olan aynı maddeden yapılmış A ve B küplerinin temas ettikleri yüzeyde oluşturdukları basınçların oranı (P_A/P_B) kaçtır?

2.2. KALDIRMA KUVVETİ

Konular

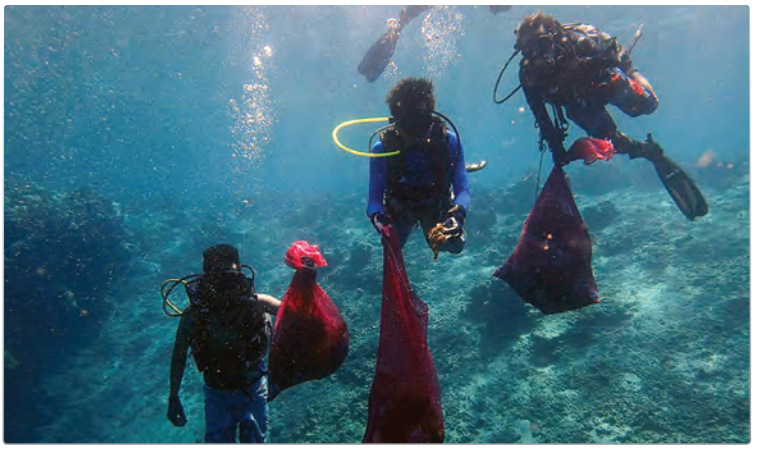
- Durgun Akışkanların Kaldırma Kuvveti

Anahtar Kavramlar

- Archimedes (Arşimet) İlkesi
- kaldırma kuvveti

Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Durgun akışkanlarda cisimlere etki eden kaldırma kuvvetinin basınç kuvveti farkından kaynaklandığını açıklayabileceksiniz.
- Kaldırma kuvvetiyle ilgili günlük hayattaki problemlere kaldırma kuvveti ve/veya **Bernoulli İlkesi**'ni kullanarak çözüm önerileri üretebileceksiniz.



Görsel 2.53: *Deniz ve göllerden toplanan pet şişe ve cam şişe gibi atıklar, karada da fotoğrafta görüldüğü kadar kolay taşınabilir mi? Karada yerinden oynatmakta zorlandığımız bir cismi, deniz ve göl sularında hareket ettirirken neden zorlanmayız?*

Görsel 2.54: *Kaldırma kuvvetinin kaynağı nedir? Fotoğraftaki derin deniz yerli ilk sondaj gemimiz olan Fatih Gemisi'ni yer çekimi kuvvetine karşı koyarak askıda tutan yukarı yönlü kuvvet nasıl ortaya çıkar?*

Görsel 2.55: *Kaldırma kuvvetinin bağlı olduğu değişkenler nelerdir? Sıcak hava balonlarının uçmasıyla okyanusta gemilerin yüzmesi aynı prensiple mi açıklanır?*

Durgun Akışkanların Kaldırma Kuvveti

Deniz ve göl sularında büyüklükleri ve cinsleri birbirinden farklı pek çok cismin kimi yüzer kimi bırakıldığı derinlikte kalır kimi de dibe batar. Suya bırakılan bir çakıl taşı batarken nehirlerin denizlere taşıdığı kocaman kütükler batmaz. Devasa gemiler okyanuslarda yüzerken bu gemilerin rulmanlarında kullanılan küçük demir bilyeler batar.

Çevremizdeki her varlığın atmosfer denen gaz okyanusunun içinde bulunduğu göz önüne alındığında cisimlerin sadece sıvılar içerisinde yüzmediği, gaz ortamlarda da askıda kalabildiği ya da binlerce metre yükseklere çıkabildiği görülür. Gaz ortamlarda uçan balonlar, helikopterler ***(Görsel 2.56)*** ve uçaklarla taşımacılık yapılırken elimizden kayan küçük bir metal para hızlanarak yere düşer. Cisimlerin akışkan ortamlarda yüzmesi, askıda kalması ya da dibe batması bu cisimlere ait kontrol edilebilen bazı özelliklere bağlıdır.

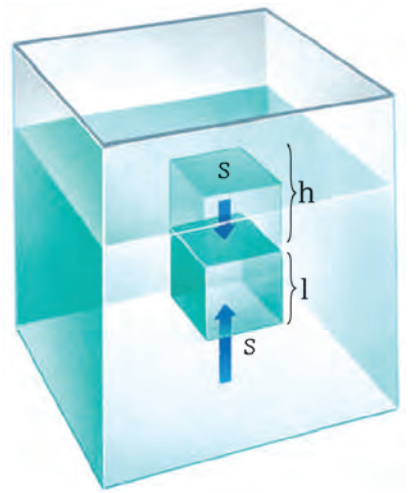
Görsel 2.56: *Yerli helikopterimiz GÖKBEY*

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/2GP6uOM

Bir akışkan içerisinde yüzmekte olan ya da askıda kalan bir cisim varsa bu cismin üzerinde ağırlığını dengeleyecek yukarı doğru etkiyen bir kuvvetin de olması gerekir. Çünkü durmakta olan cisimler dengelenmiş kuvvetlerin etkisindedir (Newton'ın I. Hareket Kanunu). Peki yer çekimi kuvvetine zıt yönde doğarak cisimlerin batmasına engel olan bu kuvvet (kaldırma kuvveti) neden kaynaklanır, nasıl meydana gelir?

Bilindiği gibi sıvıların basıncı derinliğe bağlıdır ($P = h \cdot d \cdot g$). Basıncın derinlikle artması akışkan içindeki cisimler üzerinde kaldırma kuvveti olarak adlandırılan yukarı yönlü bir kuvvet doğurur. Bu durumu açıklamak için sıvının içerisinde kenar uzunluğu *l* olan bir küp düşününüz ***(Görsel 2.57)***.



Görsel 2.57: *Kaldırma kuvveti, küpün alt ve üst yüzlerine etkiyen basınç kuvvetleri arasındaki farka eşittir.*

Küpün alt yüzeyindeki basınç üst yüzeyindekinden daha büyüktür [$P_{Alt} = (h+ l) \cdot d \cdot g$ ve $P_{Üst} = h \cdot d \cdot g \Rightarrow P_{Alt} > P_{Üst}$].

Sıvı küpün dört yan yüzeyindeki basınç kuvvetlerinin büyüklükleri birbirine eşit olduğundan yatayda net kuvvet oluşmaz. Ancak alt yüzey alanına etkiyen basınç kuvveti üst yüzey alanına etkiyen basınç kuvvetinden büyük olur.

$F_{Alt} = P_{Alt} \cdot S = (l + h) \cdot d \cdot g \cdot S$ ve $F_{Üst} = P_{Üst} \cdot S = h \cdot d \cdot g \cdot S$ $\Rightarrow F_{Alt} > F_{Üst}$ (S: Yüzey alanı)

Üst yüzeydeki aşağı doğru basınç kuvveti, küpün üzerindeki sıvı sütununun, alt yüzeydeki yukarı doğru basınç kuvveti ise küpün tabanının üstündeki sıvı sütununun ağırlığına eşittir.

Alt yüze etkiyen basınç kuvvetinden üst yüze etkiyen basınç kuvveti çıkarıldığında büyüklüğü sıfırdan farklı olan yukarı yönlü bir net kuvvet elde edilir. Bu net kuvvet, kenar uzunluğu *l* olan küpü meydana getiren sıvının ağırlığına eşit olup **kaldırma kuvveti** olarak adlandırılır.

Fizik İnteraktif

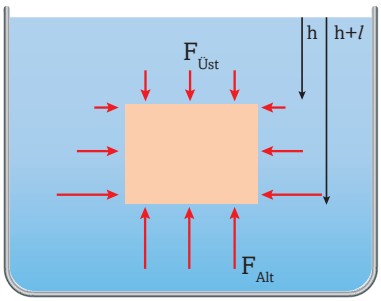
- https://bit.ly/2GR3NMU
- https://bit.ly/2GHYcHf
- https://bit.ly/3rUmeoR

$$F_{Net} = F_K = F_{Alt} - F_{Üst}$$

$$\Rightarrow F_K = (l + h) \cdot d \cdot g \cdot S - h \cdot d \cdot g \cdot S$$

$$= l \cdot d \cdot g \cdot S + h \cdot d \cdot g \cdot S - h \cdot d \cdot g \cdot S = d \cdot g \cdot (l \cdot S) = d \cdot g \cdot V$$

$$F_K = V \cdot d \cdot g$$



Görsel 2.58: *Tamamı sıvı içinde olan bir cismin alt yüzündeki basınç kuvveti, üst yüzündeki basınç kuvvetinden büyüktür.*

Bu sonuç, kaldırma kuvvetini III. yy'da keşfeden Yunan bilim insanının adıyla anılan **Archimedes (Arşimet) Prensibi** olarak bilinir ve **"Kaldırma kuvveti, yer değiştiren sıvının ağırlığına eşittir."** şeklinde ifade edilir. Kaldırma kuvveti, akışkanlara ait bir özelliktir. Bu yüzden gazları da içine alacak şekilde,

$F_K = d_{Akışkan} \cdot g \cdot V_{Batan}$ bağıntısıyla hesaplanır.

F_K: Akışkanın cisme uyguladığı kaldırma kuvveti

$d_{Akışkan}$: Akışkanın özkütlesi

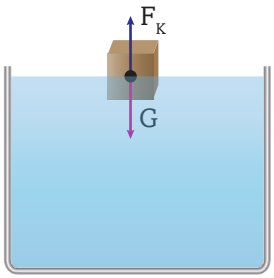
g: Akışkanın bulunduğu ortamdaki yer çekimi ivmesi

V_{Batan}: Cismin akışkan içinde olan hacmi

Peki, bir cismin akışkan içerisindeki denge konumu nasıl belirlenir?

Bir cismi bütün hacmi su içinde kalacak şekilde batırdığımızı varsayalım ***(Görsel 2.58)***. Bu cisim hangi şartlarda sıvı yüzeyine çıkarak burada yüzer, hangi şartlarda sıvıda bırakıldığı yerde askıda kalır, hangi şartlarda sıvıda dibe batar?

Kaldırma kuvveti, cismi yukarı doğru harekete zorlarken ağırlık aşağı doğru harekete zorlar. Bu iki kuvvetin büyüklükleri arasındaki fark, cismin akışkandaki konumunu belirler.

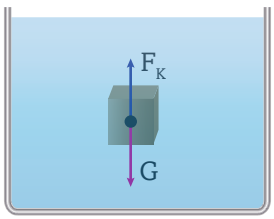


Görsel 2.59: *Yüzme durumunda cismin bir bölümü suya batmış olur.*

Yukarıdaki anlatımlarda sıvı içerisinde düşünülen küpün 6 yüzündeki basınç değerleri, bu küpün yerinde başka maddeden yapılmış bir küp olması durumunda da değişmez ve kaldırma kuvveti, yeri değişen sıvının ağırlığına hâlâ eşit olur. Ancak bu, yeri değişen sıvının ağırlığının her zaman cismin ağırlığına eşit olduğu anlamına gelmez. Yeri değişen sıvının ağırlığı; cismin ağırlığından büyük olabilir, cismin ağırlığına eşit olabilir ya da cismin ağırlığından küçük olabilir. Eğer,

• Yeri değişen sıvının ağırlığı cismin ağırlığından büyükse cisim, yukarı yönlü net kuvvetin etkisiyle sıvı yüzeyine doğru ivmelenir. Son durumda cisim, ***Görsel 2.59***'daki gibi hacminin bir bölümü akışkanın içinde kalacak biçimde yüzer. Bu da ancak sıvının özkütlesinin cismin özkütlesinden büyük olması hâlinde mümkündür.

$d_{Sıvı} > d_{Cisim}$ $\quad G = F_K$ $\quad F_K = V_{Batan} \cdot d_{Akışkan} \cdot g$



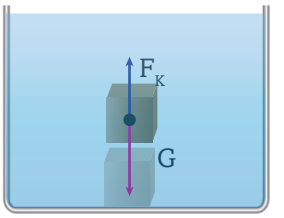
Görsel 2.60: *Askıda kalma durumunda cismin tamamı sıvı içindedir fakat kendiliğinden kabın tabanına inmemiş olur.*

• Yeri değişen sıvının ağırlığı cismin ağırlığına eşitse cisim, ***Görsel 2.60***'taki gibi tüm hacmi sıvı içinde olacak şekilde bırakıldığı yerde dengede kalır. Bu da ancak sıvının özkütlesinin cismin özkütlesine eşit olması hâlinde mümkündür.

$d_{Sıvı} = d_{Cisim}$ $\quad G = F_K$ $\quad F_K = V_{Cisim} \cdot d_{Akışkan} \cdot g$

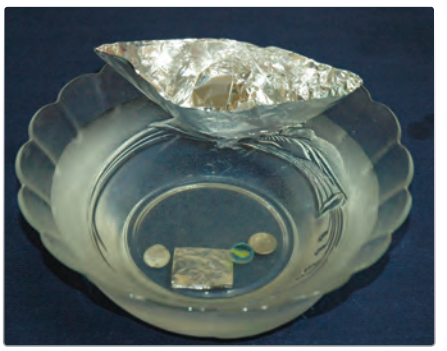
• Yeri değişen sıvının ağırlığı cismin ağırlığından küçükse cisim, aşağı yönlü net kuvvetin etkisiyle sıvı dibine doğru ivmelenir. Son durumda ***Görsel 2.61***'deki gibi akışkan içinde dibe batar. Bu da ancak sıvının özkütlesinin cismin özkütlesinden küçük olması hâlinde mümkün olur.

$d_{Sıvı} < d_{Cisim}$ $G > F_K$ $F_K = V_{Cisim} \cdot d_{Akışkan} \cdot g$



Görsel 2.61: *Batma durumunda cisim sıvının bulunduğu kap içerisinde bırakıldığı yer neresi olursa olsun tabana iner.*

Yukarıda yapılan irdelemeler, farklı hacim veya derinliğe sahip sıvılarda büyüklüğü ve şekli farklı cisimlerle yapılmış olsaydı, sonuç yine değişmezdi. Yani bir cismin içine bırakıldığı sıvıda yüzmesinde ya da batmasında, sıvı hacminin veya sıvı derinliğinin etkisi olmadığı gibi o cismin hacminin, şeklinin ve ağırlığının da bir etkisi yoktur. Yüzme ya da batma cismin bütününün ortalama yoğunluğu ile içine bırakıldığı sıvının yoğunluğu arasındaki ilişkiye bağlıdır. Bir cismin yoğunluğu içine daldırıldığı sıvının yoğunluğundan küçükse cisim sıvıda yüzer.



Görsel 2.62: *Alüminyum folyadan yapılan oyuncak tekne*

Alüminyum metalinin yoğunluğu (2,7 g/cm^3), suyun yoğunluğundan (1 g/cm^3) büyüktür. Bu yüzden alüminyum folyonun katlanmasıyla elde edilen alüminyum levha suda batar. Buna karşılık alüminyum folyodan yapılan oyuncak tekne suda yüzer ***(Görsel 2.62)***. Alüminyum folyonun oyuncak tekneye dönüştürülmesiyle bir bütün olarak ortalama yoğunluk küçülmüş olur. Ortalama yoğunluğun azalması sonucunda yeri değişen suyun ağırlığı, alüminyum folyonun ağırlığına eşitlenir. Gemiler de yapım aşamasında bu oyuncak tekneye benzer biçimde boşluklu (oyuk) hâle getirilerek ortalama yoğunluğu azaltılır. Bu sayede geminin yerini değiştirdiği su miktarı artarak gemi ağırlığına eşitlenir.

Denizaltılar ***(Görsel 2.63)***, suda yükselmek için yapısındaki safra denen odacıkların içine almış olduğu suyu boşaltır, batmak için ise bu odacıklardaki havayı boşaltıp havanın yerine su alır. Yapılan bu tahliye işlemleri sonucunda ortalama yoğunluğunu değiştirerek **Archimedes Prensibi**'nden yararlanır.

Görsel 2.63: *Pirireis Denizaltısı*

Yüzme kesesi olan balıklar ***(Görsel 2.64)***, istediği derinliğe ulaşmak için **Archimedes Prensibi**'ni kullanır. Böyle bir balık, sizin yanaklarınızı şişirip söndürmeniz gibi yüzme kesesini şişirip söndürebilir. Suyun içinde yukarı doğru hareket etmek isteyen balık, daha fazla suyun yerini değiştirmek ve kaldırma kuvvetini arttırmak için yüzme kesesini şişirir. Balık su içerisinde daha derinlere doğru hareket ederken, yüzme kesesinin hacmini küçültür.

Görsel 2.64: *Yüzme kesesi olan balık*

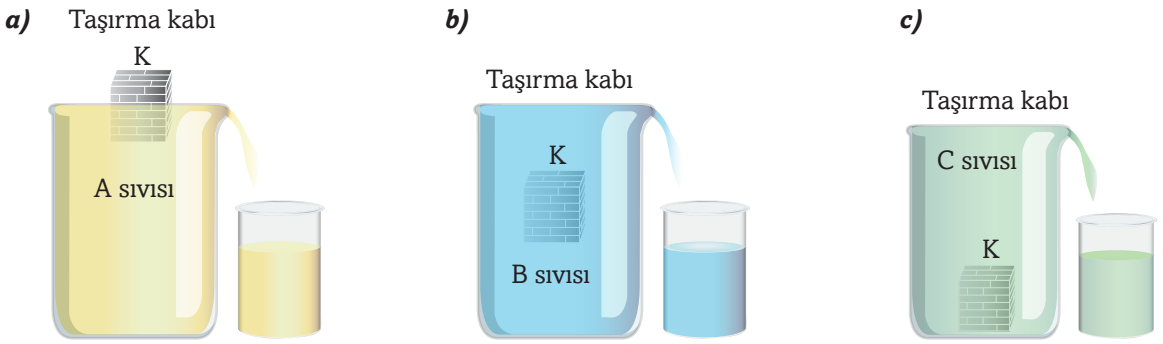
Archimedes Prensibi'nin başka bir uygulama alanı taşımacılık amacıyla inşa edilmiş su köprüleridir. Almanya'nın Magdeburg (Magdeburg) şehrinde Elbe Nehri üzerinde kurulmuş mühendislik harikası su köprüsü buna örnek verilebilir.

Sizce ***Görsel 2.65***'te görülen bu köprünün akan suya ilave olarak hangi ağırlıkta kaç geminin ağırlığını taşıyacağını hesaplamaya gerek var mıdır? Yoksa köprünün üzerinde bir anda bulunacak suyun ağırlığını belirlemek yeterli midir?

Görsel 2.65: *Magdeburg Su Köprüsü*

Magdeburg Su Köprüsü'nü akma düzeyine kadar su dolu bir taşırma kabı gibi düşünebilirsiniz. Kaba bırakılan bir cismin sıvıda yüzmesi durumunda ***(Görsel 2.66.a)*** taşırma kabında ağırlaşma olmaz. Çünkü kaldırma kuvvetini oluşturan taşan sıvının ağırlığı aynı zamanda cismin ağırlığı kadardır.

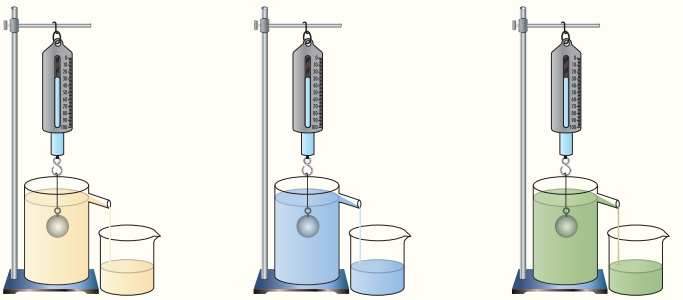
Dolayısıyla Magdeburg Su Köprüsü'nün hangi ağırlıkta kaç gemiyi taşıyacağı önemli olmaz. Köprünün taşıyabileceği yük hakkında bilinmesi gereken tek şey, üzerinde bir anda bulunacak suyun ağırlığıdır. Çünkü su içerisinde yüzen bir cisim, kendi ağırlığı kadar suyun yerini değiştirir. Aynı sonuç cismin sıvıda askıda kalması hâlinde de gözlenir ***(Görsel 2.66.b)***. Ancak cisim akma düzeyine kadar suyla dolu taşırma kabında batıyorsa kapta ağırlaşma olur. Bu durumda kaldırma kuvvetine eşit olan taşan sıvının ağırlığı cismin ağırlığından küçüktür ***(Görsel 2.66.c)***.



Görsel 2.66: *Yüzen ve askıda kalan cisimlerin içinde bulunduğu bir taşırma kabında ağırlaşma olmaz. Batan cismin içinde olduğu kapta ağırlaşma olur.*

ÖRNEK PROBLEM

Özkütlesi d, ağırlığı G, hacmi V olan katı bir cisim taşırma seviyesine kadar sırasıyla d_1, d_2 ve d_3 yoğunluklu sıvılara sarkıtılarak şekildeki gibi tartılıyor. Katı cisim ve sıvıların özkütleleri arasındaki ilişki, $d > d_1 > d_2 > d_3$ olduğuna göre;



a) Taşan sıvıların hacimleri arasındaki ilişki nedir?

b) Kaplardan taşan sıvıların ağırlıkları arasındaki büyüklük ilişkisi nedir?

c) Dinamometre hangi sıvıda en büyük değeri gösterir?

ç) Cisme hangi sıvının uyguladığı kaldırma kuvveti en büyüktür?

ÇÖZÜM

a) Cismin yoğunluğu sıvıların yoğunluğundan büyük olduğu için cisim her üç sıvıda kendi hacmi kadar sıvının yerini değiştirir. Bu durumda, $V_1 = V_2 = V_3$ olur.

b) Taşan sıvıların hacimleri eşit, özkütleleri farklıdır. Özkütlesi büyük olan sıvının ağırlığı da büyük olur. Dolayısıyla $G_1 > G_2 > G_3$ sıralaması yapılır.

c) Cisim sıvı içindeyken dinamometrenin gösterdiği değere **görünür ağırlık** denir. Görünür ağırlık,

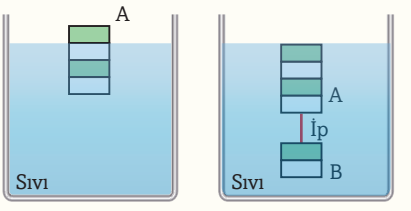
$G_{Görünür} = G - F_K$ ile bulunur. G sabittir. Kaldırma kuvveti ise $F_K = d_{Akışkan} \cdot g \cdot V_{Cisim}$ bağıntısıyla belirlenir.

Görüldüğü gibi kaldırma kuvveti akışkanın özkütlesi ile doğru orantılıdır. Bu durumda özkütlesi en küçük olan d_3 yoğunluklu sıvıda kaldırma kuvveti de en küçük olurken dinamometre en büyük değeri gösterecektir.

ç) $F_K = V_{Cisim} \cdot d_{Akışkan} \cdot g$ bağıntısına göre yoğunluğu büyük olan sıvının uygulayacağı kaldırma kuvveti de büyük olur. Bu da d_1 yoğunluklu sıvıdır.

ÖRNEK PROBLEM

Hacmi 4V olan eşit bölmeli A cismi türdeş bir sıvıda Şekil I'deki gibi dengededir. Hacmi 2V olan eşit bölmeli B cismi A cismine asıldığında cisimler Şekil II'deki gibi dengede kaldığına göre cisimlerin ağırlıkları oranı G_A / G_B kaçtır?



Şekil I Şekil II

ÇÖZÜM

Kaldırma kuvvetinin matematiksel modeli $F_K = V_{Batan} \cdot d_{Sıvı} \cdot g$'dir. A cisminin 4 eşit hacim bölmesinden 3'ü sıvı içerisindedir. A cismi sıvıda yüzdüğünden 3 bölmenin yerini değiştirdiği sıvının ağırlığı cismin ağırlığı kadardır. Bu ağırlığa G diyelim. İki bölmeli B cismi A'ya bağlandıktan sonra 6 bölme sıvı içerisinde yüzdüğüne göre A ve B cisimlerinin toplam ağırlığı 6 bölmenin yerini değiştirdiği sıvının ağırlığı kadar, yani 2G olur. Dolayısıyla $G_B = 2G - G = G$ bulunur.

$$\frac{G_A}{G_B} = \frac{G}{G} = 1 \text{ bulunur.}$$

Görsel 2.67: *Zeplinlerde havadan çok daha hafif olan helyum gazı kullanılır. Havanın yaklaşık 1/14'ü kadar yoğunluğa sahip hidrojen gazının kullanılması yanıcı olması sebebiyle tehlikelidir.*

Sıvılar gibi hava ve diğer gazlar da içlerine bırakılan cisimlere kaldırma kuvveti uygular. Bu kuvvet sadece gaz ortamdan az yoğun olan cisimlerin yükselmesini sağlar. Çünkü ancak bu durumda cismin ağırlığı yerini değiştirdiği havanın ağırlığından küçük olur. Hava dediğimiz gaz ortam, uyguladığı kaldırma kuvvetiyle uçan bütün varlıkların hareketinde etkili olurken balon ve zeplinlerin ***(Görsel 2.67)*** yükselmesini ve uçmasını sağlar.

Gaz sızdırmayan ipekli veya pamuklu kumaş ya da sentetik maddelerden yapılan balonlar, daha çok içerisindeki hava ısıtılarak uçurulur ***(Görsel 2.68)***. Balonla benzer yapıda olan zeplinler ise içerisine havadan daha hafif olan helyum gazı doldurulduğunda havada yükselir ve hareket eder. Sıcak hava balonlarında basınç kaybedilmeden balondaki hava yoğunluğu azaltılırken hava parçacıklarının hızı artmış olur. Bunun sonucunda tanecikler balon yüzeyine daha büyük bir kuvvetle çarpar. Balon ve zeplindeki gazın birim hacminin kütlesi, atmosferdeki havanın birim hacminin kütlesinden azdır. Uçan cisimlerin yerden yüksekliğinin (irtifasının) kontrolü, bu cisimlerle içlerindeki gazdan oluşan sistemin ortalama yoğunluğunun değiştirilmesi ile sağlanır.

Görsel 2.68: *Balon, içindeki hava ısıtıldığında ortalama yoğunluğu azaldığından yükselir.*

Akışkanlar günlük yaşamımızın önemli bir parçasıdır. Onları içiyoruz, onların içlerinde yüzüyoruz. Nefesle içimize aldığımız hava, vücudumuzda dolaşan kan akışkandır. Akışkanlar, iklimlerin oluşumunda etkilidir, hava ve deniz taşıtlarına hareket ortamı sağlar.

Akışkanlardan farklı amaçlarla teknolojik alanlarda yararlanmak için büyük oranda Pascal Prensibi, Bernoulli İlkesi ve Archimedes Prensibi göz önüne alınır. Bu ilke ve prensiplerden yaşanacak bazı sorunların önüne geçmek için de faydalanılır. Örneğin otomobillerin akümülatörlerinin şarj durumu, içindeki sülfürik asit çözeltisinin

yoğunluğu ölçülerek belirlenir ***(Görsel 2.69)***. Şarjlı bir akümülatördeki çözeltinin yoğunluğu yaklaşık $1{,}3 \times 10^3$ kg/m^3 olurken tamamen boşalmış bir akümülatör için bu değer $1{,}15 \times 10^3$ kg/m^3 e düşer. Bu ölçüm, hidrometre yardımıyla gerçekleştirilir. Hidrometre, kalibre edilmiş bir cismin (şamandra) çözelti içinde yüzdüğü seviyenin gözlemlenmesiyle yoğunluk ölçümü yapar. Çözelti, hidrometreye bir kaldırma kuvveti uygular. Kalibre edilmiş şamandıra, **Archimedes Prensibi**'ne göre yerini değiştirdiği sıvının ağırlığı, kendi ağırlığına eşit olana kadar sıvının içine girer. Kaldırma kuvvetinin etkisiyle yapılan bu yoğunluk ölçümü bizlere akümülatörün durumu hakkında sağlıklı bilgiler verir ve bu hususta yaşanacak sorunlar önlenmiş olur.

Görsel 2.69: *Hidrometre ile akümülatör içerisindeki sıvının yoğunluk ölçümü*

Bernoulli İlkesi ve **Archimedes Prensibi**'nin göz önüne alınmasıyla günlük hayatta yaşanan başka bazı problemler de önlenebilir. Şiddetli rüzgârların etkin olduğu günlerde çatıların uçtuğunu görmüş ya da duymuşsunuzdur. Çatıların alt ve üst bölümlerindeki basınç farkını ortadan kaldıracak ya da azaltacak uygulamalar bu sorunun yaşanmasını engeller. Çatının akışkan hızını artırmayacak geometrik yapıda tasarlanması ya da çatının altında küçük bacaların bırakılması, çatının alt ve üst bölümlerinde basınç farkını ortadan kaldıracak uygulamalardır.

Araştırınız

Dünyanın en büyük baskül köprüsü olan Yeni Galata Köprüsü, İstanbul'da Haliç'in iki yakasını birbirine bağlar. Köprünün dört baskül kanadı, imal edildiği Pendik inşaat sahasından Koca Yusuf dubası üzerinde römorkörlerle çekilip Haliç'e getirilmiştir. Kanatlar burada duba batırma yöntemi ile yerine monte edilmiştir. Su üzerindeki köprülerin yapımında kullanılan dubaların suya nasıl batırıldığını araştırınız.

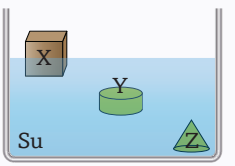
Yeni Galata Köprüsü'nün su seviyesinden yüksekliği 6 m'dir. Köprüyü meydana getiren kanatlar, daha yüksek gemilerin geçmesi için oluşturulan hidrolik, elektronik ve mekanik sistemle 84 derece açılabilmektedir. Kanatların açılmasını sağlayan sistemin arızalı olduğu bir günde kaptanı olduğunuz daha yüksek gemiyi köprünün altından geçirmeniz gerekiyor. Bu derste öğrendiğiniz bilgileri göz önüne alarak köprünün altından geçmek için geminizdeki bu yükseklik sorununu nasıl aşarsınız?

NE ÖĞRENDİNİZ?

Hacimleri eşit olan X, Y ve Z cisimlerinden X yüzer durumda, Y askıda, Z ise dibe batmış hâlde dengededir. Buna göre,

a) Cisimlerin ağırlıklarını karşılaştırınız.

b) Cisimlere etki eden kaldırma kuvvetlerini karşılaştırınız.



BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

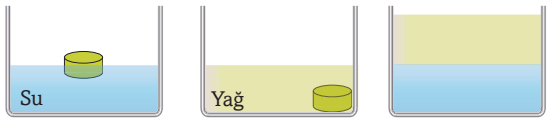
KELİMELERİ KULLANINIZ

- **Yüzme, askıda kalma** ve **batma** durumlarını **Archimedes İlkesi** ve **kaldırma kuvveti** kavramını kullanarak açıklayan yarım sayfalık bir paragraf yazınız.
- Bir çelik parçası suda yüzmezken tonlarca çelik kullanılarak yapılan gemilerin yüzmelerini **özkütle** kavramı ve **yeri değişen sıvının ağırlığı** ifadelerini kullanarak açıklayınız.

AÇIKLAYINIZ

1. Elinizde suyla dolu iki özdeş kova vardır. Kovalardan birinin içerisine bir parça ahşap bırakılıyor. Ahşap suda yüzdüğüne göre bu iki kovanın ağırlıkları arasında bir fark oluşur mu? Açıklayınız.

2. Suda yüzen ancak yağda batan bir cisim vardır. Bu cisim suda yüzerken yağ, yavaşça suyun üstüne dökülüyor. Kap tamamen dolduğunda cismin sıvılar içindeki denge durumu nasıl olur. Şekil üzerinde gösteriniz (Su ve yağ bir birine karışmıyor).

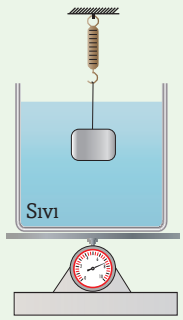


UYGULAMA

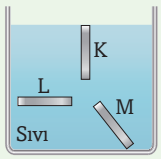
3. Ağırlığı 20 N olan bir cisim, şekildeki gibi bağlı olduğu dinamometrenin ucunda kapla birlikte ağırlığı 40 N olan bir sıvıya sarkıtılıyor. Cismin bütün hacmi sıvı içerisinde kalırken kaptan sıvı taşmıyor. Sıvının cisme uyguladığı kaldırma kuvveti 5 N olduğuna göre,

a) Dinamometrede okunan değer kaç N'dır?

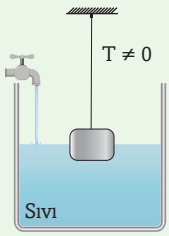
b) Kabın üzerinde bulunduğu baskülde okunan değer kaç N'dır?



4. Düzgün ve türdeş K, L ve M cisimleri bir sıvı içerisinde şekilde görülen konumlara bırakıldığında cisimlerin konumlarının değişmediği gözleniyor. Buna göre cisimlerin yoğunlukları d_K, d_L ve d_M arasındaki ilişki nasıl olur?



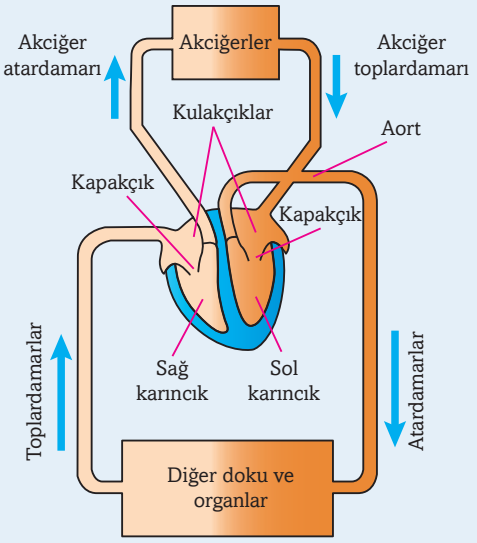
5. Su içinde şekildeki gibi iple asılmış olan cisme etkiyen kaldırma kuvveti F_K, ipteki gerilme kuvveti T'dir. Kap tamamen suyla doldurulduğunda F_K ve T değerleri nasıl değişir?



Fizik ve Sağlık

Kan Basıncı (Tansiyon)

Kanı, akciğerlere ve vücudun geri kalan bölümlerine ulaşmaya zorlayan basınç, kalp tarafından sağlanır. Kalp; ikisi karıncık, ikisi kulakçık olmak üzere dört bölümden oluşur. Karıncıkların kasılıp gevşemesi, sıradan bir pompanın pistonu gibi çalışır. Sağ karıncık kanı akciğerlere pompalar. Akciğerler bu sırada solunan havadaki oksijeni alır, karbondioksiti geri verir. Oksijence zengin kan, daha sonra aort ve atardamarlar aracılığıyla vücudun geri kalan kısımlarına pompalanacağı daha güçlü sol karıncığa gider. Sol karıncıktaki kanın damarlara ritmik olarak pompalanması, basınç dalgaları meydana getirir. Bu basıncı belirlemek için kişinin dirsek üstüne (pazusuna) içine hava doldurulabilen bir manşet (manşon) sarılır. Manşete hava dolduran bir pompa ve dolan havayı boşaltan bir musluk bağlıdır. Kalp atışlarını duyabilmek için manşet ile ölçüm yapılacak bölge arasına da stetoskop yerleştirilir. Atardamardaki kan basıncı bir stetoskop monitöründen izlendiği gibi kan akışı duruncaya kadar şişirilen manşet kullanılarak da ölçülür. Manşetin musluğu açılıp havası yavaş yavaş boşaltılırken kan akışının başladığı anda stetoskoptan bir ses duyulur. Bu anda belirlenen ya da gözlenen basınç, halk arasında **büyük tansiyon** olarak bilinen **sistolik basınç**tır. **Sistolik basınç**, kalbin atardamarlarda ürettiği maksimum basınca karşılık gelir. Manşet musluğundan hava yavaş yavaş boşaltılırken sesin giderek azaldığı ve bir noktadan sonra kesildiği fark edilir. Sesin kesildiği sırada ölçülen basınç da halk arasında **küçük tansiyon** olarak bilinen **diyastolik basınç**tır. **Diyastolik basınç**, kalbin kasılmaları arasındaki atardamar basıncı olup atardamarlardaki en düşük basınca karşılık gelir. Kan basıncı genellikle mmHg (torr) cinsinden ifade edilir. Bu da 1 mm yüksekliğindeki bir cıva sütununun tabanında oluşan basınçtır. Sağlıklı bir yetişkin insanda sistolik ve diyastolik kan basınçlarının ortalama değerleri sırasıyla 120 mmHg ve 80 mmHg dolayındadır.



Görsel 2.70: *İnsanda dolaşım sistemi şeması*

Kanın dolaşım sırasında atardamar çeperlerine yaptığı basınca **tansiyon** veya **kan basıncı** denir. Tansiyonun sağlıklı bir şekilde çalışması vücut sağlığı açısından önemlidir. Eğer tansiyon olmasaydı vücudumuzdaki doku ve organlara gerekli oksijen gitmezdi. Tansiyonu; anlık yaşanan olaylar, yaşam tarzı, stres, yiyecek ve içecekler, yorgunluk ve uykusuzluk gibi farklı değişkenler etkiler. Bu sebeple tansiyon sorunlarının tek seferlik ölçümle belirlenmesi yanıltıcı olur. Sağlıklı bir tansiyon ölçümü için kişi başlangıçta 1-2 hafta boyunca her gün, kalkar kalkmaz ve gece yatmadan önce ölçüm yapmalıdır. Şişirilebilir manşet tercihen üst kola sıkı biçimde yerleştirilir. Bu durumda birkaç dakika sakin oturduktan sonra ölçüme başlanır. Ölçülen değerler saat ve nabız ile birlikte kaydedilir. Yapılan 25-30 ölçümden 7'si 135/90 mmHg'nın (torr) üzerinde çıkarsa kişi kuvvetle muhtemel tansiyon hastasıdır. Sorunun çözümü için bir dâhiliye uzmanı veya aile hekimine başvurulmalıdır.

Eleştirel Düşünme: *• Tansiyon ölçüm aleti nasıl çalışır? Araştırınız.*

• Yaşam boyu sporun, tansiyon sorunlarını önlemede etkili olduğunu düşünüyor musunuz?

2. ÜNİTE DEĞERLENDİRME SORULARI

DOĞRU-YANLIŞ SORULARI

Aşağıdaki cümlelerin başına yargılar doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (...) Bir sıvının yüzeyinde oluşturulan basınç değişikliği sıvının tüm kısımlarına ve içinde bulunduğu kabın çeperlerine aynen aktarılır.

2. (...) Hidrolik sistem, bir cisme kuvvet uygulamak için kullanılan kapalı bir sıvı sistemidir.

3. (...) Katıların üzerinde bulunduğu düzleme uyguladığı basınç kuvveti, cismin düzlemde duruş biçimine bağlıdır.

4. (...) Bernoulli İlkesi, hareket eden bir sıvının toplam enerjisinin her zaman sabit kaldığını belirtir.

5. (...) Kaldırma kuvveti, bir akışkanın bir cisim üzerinde oluşturduğu yukarı yönlü net kuvvettir.

6. (...) Sıvılar kuvveti değiştirmeden iletirler.

7. (...) Çekim alanının olmadığı bir yerde manometre ile gaz basıncı ölçümü yapılabilir.

8. (...) Deniz seviyesinden yukarılara çıkıldıkça açık hava basıncı artar.

9. (...) Akışkanlar basıncın büyük olduğu yerden küçük olduğu yere doğru hareket eder.

10. (...) Fırtınalı havalarda su dalgalarının her zamankinden yüksek olması Bernoulli İlkesi ile açıklanır.

11. (...) Bir yarış arabasının tasarımında, araba yüksek hızlara ulaştığında yolla olan temasının kesilmemesi için Bernoulli İlkesi'nden yararlanılır.

BOŞLUK DOLDURMA SORULARI

Aşağıdaki cümleleri kutucuklarda verilen kavram ve ifadeleri kullanarak tamamlayınız.

- şekil
- basınç
- manometre
- artması
- Bernoulli İlkesi
- özkütle
- altimetre
- aşağı yönlü
- büyüklük
- düdüklü tencere
- Pascal Prensibi
- cismin ağırlığı

1. Eşit miktardaki alüminyum ve altın kütlesi arasındaki fiziksel farklılık ..... kavramıyla ifade edilir.

2. Birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvete .... denir.

3. Kapalı kaplardaki gaz basıncını ölçen aletlere ..... denir.

4. Sıvı basıncı, sıvının içinde bulunduğu kabın ..... ve ..... bağlı değildir.

5. Teknolojik bir ürün olan ..... basıncın kaynama noktası üzerine etkisi göz önüne alınarak yapılmıştır.

6. Hidrolik frenler, ... göre çalışır.

7. Basınç farkından yararlanarak yüksekliği ölçen özel barometrelere ..... denir.

8. Bir ortamdaki basıncın ..... aynı ortamdaki suyun donma sıcaklığını düşürür.

9. Bir akışkan içerisinde yüzen veya askıda kalan cisme, akışkan tarafından uygulanan kaldırma kuvvetinin büyüklüğü ..... kadardır.

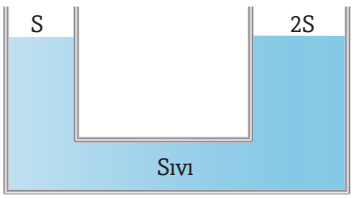
10. Yatay düzlemdeki katı cisim üzerine düzleme dik ..... bir kuvvet uygulandığında basınç kuvveti artar.

AÇIK UÇLU SORULAR

1. Kumsalda güneşlenen bir kişinin üzerindeki atmosfer basıncını meydana getiren hava tabakasının ağırlığı yaklaşık 10^5 N'dır. Bu denli şiddetli kuvvete rağmen kişinin ayağa kalkması nasıl mümkün olur?

2. Barometrelerde sıvı olarak neden su değil de cıva kullanılır? Bunun için iki neden söyleyiniz.

3.



Her iki kolu atmosfere açık olan şekildeki U borusunda, kolların kesit alanları farklı olmasına rağmen sıvı seviyesi neden eşit olur? Açıklayınız.

4. Bir bardaktaki X sıvısını, uzun bir pipetle mümkün olan en güçlü biçimde soğurarak içmeye çalışan kişi bunda başarılı olamıyor. Ancak aynı pipetle X sıvısıyla karışmayan bir Y sıvısını içebiliyor. X sıvısı Y sıvısıyla aynı kaba alınırsa hangi sıvı kabın tabanına iner?

5. Akmakta olan su borusuna şekildeki gibi bağlı silindirik kap içindeki basınç giderek azalmaktadır. Bunun sebebi nedir? Açıklayınız.

6. Kılcallık etkisi, bir manometrenin okunmasını etkiler mi? Açıklayınız.

7. Tuzlu su, tatlı sudan daha yoğundur. Bu da 1 cm^3 tuzlu suyun kütlesinin 1 cm^3 tatlı suyun kütlesinden büyük olduğu anlamına gelir. Bir dalgıç, aynı basınca ulaşmak için tuzlu suda mı tatlı suda mı daha derine inmek zorundadır?

8. Magdeburg Yarım Küreleri Deneyi, daha küçük yarım kürelere sekiz atın iki grup hâlinde zıt yönlü koşulmasıyla Antalya'da tekrarlanıyor ve yarım kürelerin birbirinden ayrıldığı gözleniyor. Daha sonra deneyde kullanılan araç, gereç ve atlar Hakkâri'ye taşınıyor. Hakkâri'de yarım küreleri birbirinden ayırmak için yarım kürelere daha çok mu daha az mı at koşulmalıdır? Neden?

9. Biri ahşap, diğeri alüminyumdan yapılan hacimleri eşit iki küp, içi su dolu akvaryuma bırakılıyor. Ahşap suda yüzerken alüminyum batıyor. Cisimlere etki eden kaldırma kuvvetlerini karşılaştırınız.

10. Basıncın hâl değişimi üzerindeki etkilerini açıklayınız.

ÇOKTAN SEÇMELİ SORULAR

1. Aşağıdakilerin hangisinde katı basıncının artırılması amaçlanmıştır?

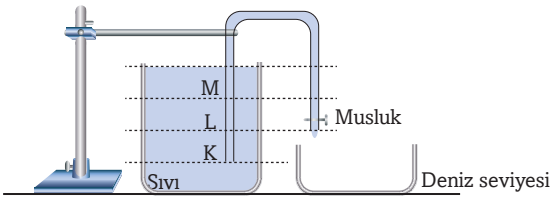
A) Tankların tekerleklerinin geniş yüzeyli yapılması
B) Trenlerin tekerlek sayısının fazla olması
C) Bıçakların ağızlarının bilenmesi
D) Koltuk ve mobilyaların ayaklarının geniş tabanlı yapılması
E) Raptiyelerin baş kısmının büyük kesitli yapılması

2. Erirken hacmi azalan maddelerde basıncın azalması, kaynama noktasını düşürür, erime noktasını yükseltir.

Böyle bir madde için aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

A) Deniz seviyesinden yükseklere çıkıldıkça kaynama kolaylaşır.
B) Antalya'da Erzurum'dakinden daha yüksek sıcaklıkta kaynar.
C) Deniz seviyesinden yükseklere çıkıldıkça erime noktası düşer.
D) Yükseklere çıkıldıkça buharlaşma hızı artar.
E) Antalya'da Erzurum'dakinden daha düşük sıcaklıkta erir.

3.



Şekildeki düzenek sifon olarak adlandırılır.

Düzenek ile ilgili,

I. Musluk açıldığında suyun akması için borunun sıvıyla dolu olması gerekir.

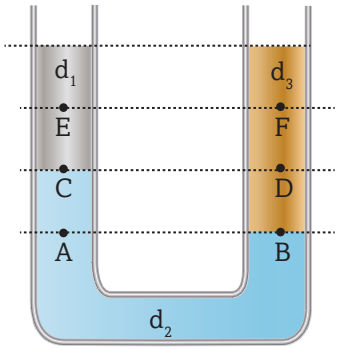
II. Musluk açık olduğu sürece kaptaki sıvı K düzeyine kadar boşalır.

III. Musluk açık olduğu sürece kaptaki sıvı L düzeyine kadar boşalır.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve II D) I ve III
E) I, II ve III

4.



U borusuna konulan d_1, d_2 ve d_3 yoğunluklu sıvılar şekildeki gibi dengededir. Buna göre A, B, C, D, E, F noktalarındaki P_A, P_B, P_C, P_D, P_E ve P_F basınçları için,

I. $P_A = P_B$

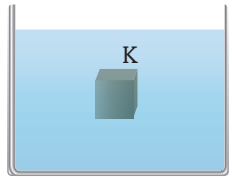
II. $P_D > P_C$

III. $P_E > P_F$

ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II
C) I ve II D) I ve III
E) I, II ve II

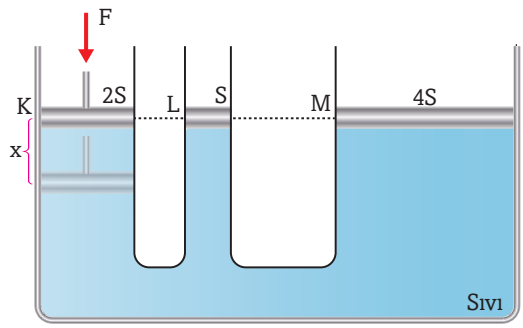
5. Bir K cismi şekildeki gibi suyun 2 m derininde askıdadır.



Bu cisim üzerinde oluşan sıvı basıncı için aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

A) Sadece cismin üst yüzünde oluşur.
B) Aşağıdan yukarı doğrudur.
C) Her yönde eşittir.
D) Tabandaki tavandakine eşittir.
E) Sol yüzdeki sağ yüzdekine eşittir.

6.



Şekildeki bileşik kap sisteminde pistonlar aynı yatay hizada dengededir.

K pistonu F kuvveti ile x kadar aşağı itilirse L ve M pistonları için aşağıdakilerden hangisi doğru olur?

A) L pistonu M pistonundan daha çok yer değiştirir.
B) M pistonu L pistonundan daha çok yer değiştirir.
C) M pistonundaki basınç kuvvetinin büyüklüğü L pistonundakinden küçük olur.
D) L ve M pistonunlarındaki basınç kuvvetleri birbirine eşit olur.
E) L ve M pistonlarındaki basınç değerleri birbirine eşit olur.

7. Bir denizaltı, suya tamamen batmak için aşağıdakilerden hangisini yapar?

A) Safra tankına hava alır.
B) Ağırlığını azaltır.
C) Safra tankına deniz suyu alır.
D) Hızını artırır.
E) Hızını küçültür.

8. Aşağıdakilerden hangisi Bernoulli İlkesi'ne bağlı olarak açıklanmaz?

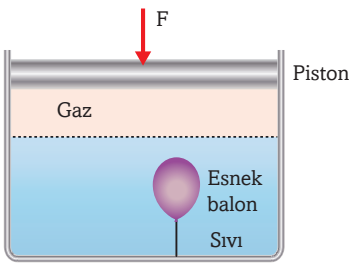
A) Venturi tüpü
B) Spreyler
C) Fıskiyeler
D) Bacalar
E) Lastik tekerlekler

9. I. N/m^2
II. kg/ms^2
III. kg/m^3s^2

Yukarıdakilerden hangisi basınç birimi Pa'ın eşdeğeridir?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) I ve II
D) I ve III
E) I, II ve III

10.

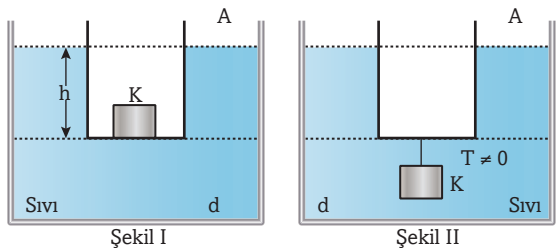


Şekildeki sızdırmaz piston F kuvveti uygulanarak bir miktar itiliyor. Bu durumda,
I. Gaz basıncı artar.
II. Esnek balonun hacmi küçülür.
III. Kap tabanındaki sıvı basıncı artar.

Yargılarından hangisi ya da hangileri doğru olur?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) I ve II
D) I ve III
E) I, II ve III

11.



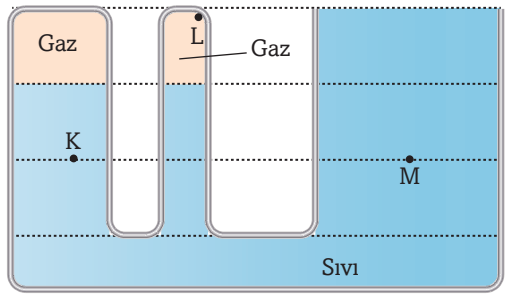
Özkütlesi d olan sıvıda, içinde K cismi olan A kabı Şekil I'deki gibi dengededir. K cismi kabın içinden alınıp Şekil II'deki gibi A kabının tabanına iple asılırsa,

I. h yüksekliği artar.
II. h yüksekliği azalır.
III. Kaldırma kuvveti azalır.

yargılarından hangisi kesinlikle doğru olur? (T ≠ 0)

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) Yalnız III
D) II ve III
E) I, II ve II

12.



Vakum ortamda düşey kesiti şekildeki gibi olan bir kaptaki türdeş sıvı ve gazlar dengededir. (Yatay çizgiler eşit aralıklıdır.)

Buna göre K, L ve M noktalarındaki P_K, P_L ve P_M basınçları arasındaki ilişki nasıl olur?

A) $P_K = P_L = P_M$
B) $P_K = P_L > P_M$
C) $P_M > P_L > P_K$
D) $P_K = P_M > P_L$
E) $P_K > P_L = P_M$

3. ÜNİTE

DALGALAR

Sörf, güzel ancak bir o kadar da zor bir spor dalıdır. Özel bir tahta ile dalgaların üstünde yapılan bu spor dalında özgürlük duygusunu hissedersiniz.

Sörf belirli uzunluktaki bir tahtanın üzerinde dengede durularak dalgalara karşı koyma sporudur. Dalga sörfünde kullanılan tahtaya "malibu" adı verilir. Bu sporda kıyıdan yeterince uzaklaştıktan sonra dalgaya sörf tahtasıyla girip tahtanın üzerinde kıyıya ulaşmak asıl amaçtır. Bu sporun en harika kısmı ise dalgaların tepesinden kayarken yapılan estetik ve akrobatik hareketlerdir. Dalga sörfü yapacaksanız öncelikli olarak dalgayı yakalayıp tahta üzerinde ayağa kalkma, tahtanın üstünde dengeli biçimde yüzebilme, dalgaları tanıyıp akıntı yönünü iyi kavrayabilme ve suyun içinde sörf kurallarına uyma, öğrenmeniz gereken en önemli adımlardır.

Dev dalgalara ihtiyaç duyulan bu sporu yapmak için en uygun yerler okyanus kıyılarıdır. Türkiye'de dev okyanus dalgaları bulma şansınız yok. Ancak Şile, Kerpe, Anzak Koyu, Samandağ ve Arsuz'da nadir de olsa dalga sörfü yapma olanağınız var.

Yandaki fotoğrafta görülen sörfçünün etrafı dev okyanus dalgasıyla çevrilidir. Sörfçü bu dalganın enerjisi sayesinde sörf tahtasıyla suyun üzerinde kayabilmektedir.

Siz şu anda sınıftasınız. Ancak etrafınızın dalgalarla çevrili olduğunu biliyor musunuz? Şaşırdınız değil mi? Öğretmeninizin konuşması size dalgalar ile taşınmaktadır. Denizde oluşan dalgaları kolaylıkla görebilmenize rağmen ses dalgalarını göremezsiniz. İster görülsün ister görülmesin bütün dalgalar enerji taşımaktadırlar.

Bu ünitede dalga hareketini anlamak için gerekli temel kavramları öğreneceksiniz. Böylece günlük hayatta önemli yer tutan yay, su, ses ve deprem dalgalarını kolaylıkla yorumlayabileceksiniz.

BÖLÜMLER

3.1. Dalgalar
3.2. Yay Dalgası
3.3. Su Dalgası
3.4. Ses Dalgası
3.5. Deprem Dalgası

3.1. DALGALAR

- Dalga Nedir?
- Dalgaların Özellikleri

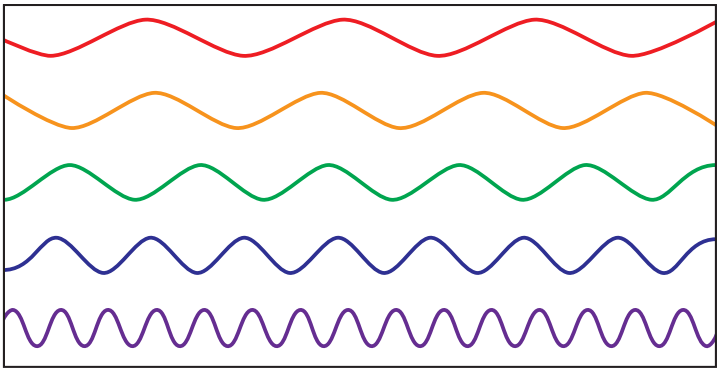
Anahtar Kavramlar

- dalga
- titreşim
- dalga hareketi
- dalga boyu
- periyot
- frekans
- hız
- genlik
- atma

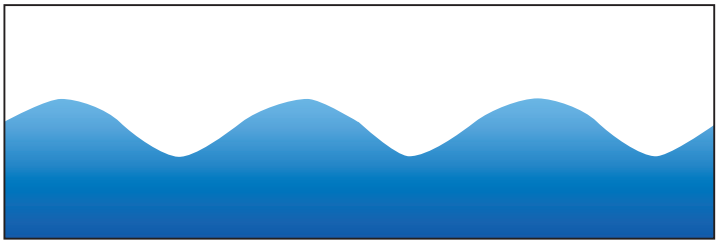
Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Titreşim, dalga hareketi, dalga boyu, periyot, frekans, hız ve genlik kavramlarını açıklayabileceksiniz.
- Dalgaları taşıdığı enerjiye ve titreşim doğrultusuna göre sınıflandırabileceksiniz.

Görsel 3.1: *Sığ sudaki bu balığın üzerinde bir dalga görülmektedir. Sizce bu dalgalar neden oluşmuştur?*



Görsel 3.2: *Frekans nedir? Yukarıda görülen dalgalardan hangisinin frekansı daha büyüktür?*



Görsel 3.3: *Dalga boyu deyince ne anlıyorsunuz? Yukarıda bir su dalgasının şematik gösterimi verilmiştir. Bu dalganın dalga boyunu nasıl ölçersiniz?*

Dalga Nedir?

Çoğu insanın "dalga" kelimesini duyduğunda denizde sahile yaklaşmakta olan dalga aklına gelir. Hâlbuki yaşantınızın her anında dalgalar ile etkileşim hâlindesiniz. Örneğin televizyondan yayılan ses, kulaklarınıza dalgalar sayesinde ulaşır. Benzer şekilde yer kabuğundaki kuvvetler sonucu kırılmalar meydana gelebilir. Bu kırılmalar yer kabuğunu titreştirerek açığa çıkan enerjiyi ileten deprem dalgalarını meydana getirir.

Dalga, enerjinin bir ortam aracılığıyla yayılmasıdır. Yandaki resimde durgun suda su damlalarının oluşturduğu dalgalar görülmektedir. Bu dalgalar, su yüzeyinde damlanın suya düştüğü noktadan başlayarak her yöne doğru dairesel dalgalar şeklinde yayılır. Bu dairesel dalgalar yayılırken enerji de onlarla birlikte taşınır. Suda oluşan dalgaları görebilirken ses ya da deprem dalgalarını göremezsiniz.

Acaba dalga nasıl oluşmaktadır?

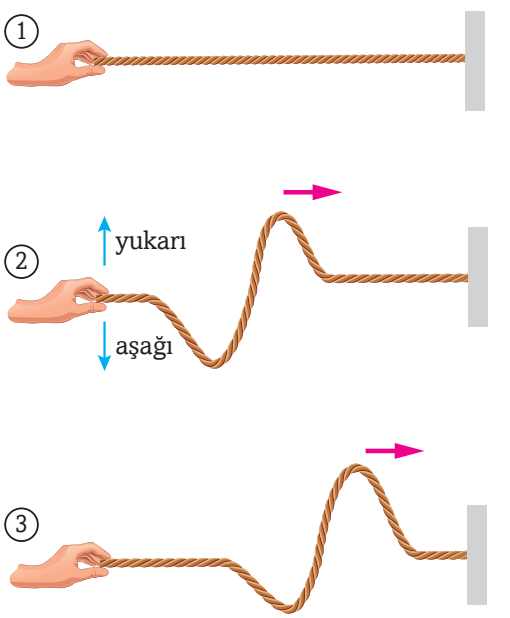
Görsel 3.4: *Yapraktan düşen damla suda dairesel dalga meydana getirir. Dalga, damlanın suya değdiği noktada belirgin iken bu noktadan uzaklaştıkça sönükleşir ve bir süre sonra kaybolur. Bunun sebebini düşününüz.*

Dalganın Kaynağı Nedir?

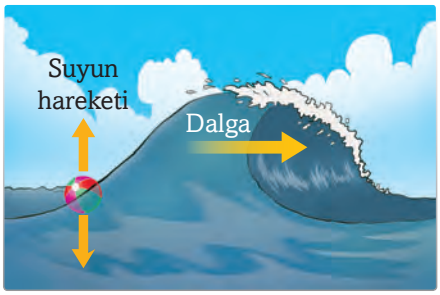
Nesneler titreşim ya da salınım hareketi yaptıklarında dalga meydana getirirler. Bir yerde dalga varsa orada mutlaka bir cisim, ileri-geri veya yukarı aşağı hareket ederek titreşiyordur. Örneğin yandaki şekilde görüldüğü gibi bir ucunu duvara bağladığınız bir ipin diğer ucunu elinizle aşağı yukarı hareket ettirirseniz ipin üzerinde dalga oluşturabilirsiniz. Elinizle ip üzerinde yaptığınız yukarı-aşağı hareketler titreşim veya salınımları oluşturur. Şekilden de anlaşılacağı gibi ip, yukarı-aşağı hareket ederken bu hareket doğrultusunda denge konumundan ayrılarak dalgayı meydana getirir. Elinizi yukarı-aşağı sallamaktan vazgeçseniz bile dalga ilerlemeye devam eder. Bu örnekte ip, dalgaların hareket ettiği veya yayıldığı ortamdır. Bir cisim yukarı-aşağı veya ileri-geri hareket ediyorsa o cisim **titreşiyor** demektir.

Titreşim, bir cismin iki sabit nokta arasında gidip gelme hareketidir. Bir salıncağın salınım hareketi titreşim hareketine örnektir. Bir yayın ucuna asılı bir kütleyi çekip bıraktığımızda da kütle salınım hareketi yapar. Titreşim hareketi yapan bir cisim orta noktadan sağa ve sola doğru belli uzaklığa gider.

Bir su birikintisine düşen bir çakıl taşı örneğinde su, dalgaların yayıldığı ortamdır. Su dalgaları yayılırken su molekülleri yukarı-aşağı hareket eder. Bu hareket suda yüzen herhangi bir cismin (yapraklar gibi) hareketi gözlemlenerek anlaşılabilir. Dairesel su dalgaları su üstünde yüzen cisimleri geçerken altlarındaki su moleküllerinin yukarı-aşağı hareketinden dolayı cisimler de yukarı ve aşağı salınır.



Görsel 3.5: *İpte oluşturulan bir titreşim, ipin üzerinde dalga oluşmasına sebep olur.*



Görsel 3.6: *Dalga yatay yayılırken su üzerinde bulunan cisimler (top gibi) yukarı-aşağı doğru salınırlar.*

Bu durum, durgun sudaki dalgalanmalarda geçerliyken dalga hareketinin çok karmaşık olduğu açık denizlerdeki dalgalar için geçerli değildir. Verilen örneklerden tüm dalga hareketlerinde ortak bir özelliğin olduğunu görebilirsiniz. **Dalga hareketi**, enerjinin bir konumdan diğer konuma aktarılmasıdır. Dalgaların geçişiyle ortamlar genellikle kalıcı biçimde değişmez, geçişten sonra tekrar eski konumuna dönerler.

Şimdi Fizik İnteraktif köşesinde önerilen simülasyonu izleyerek bir ipte nasıl dalga oluşturulduğunu, bu dalganın nasıl yayıldığını ve oluşan dalganın özelliğini anlamaya çalışınız.

Fizik İnteraktif

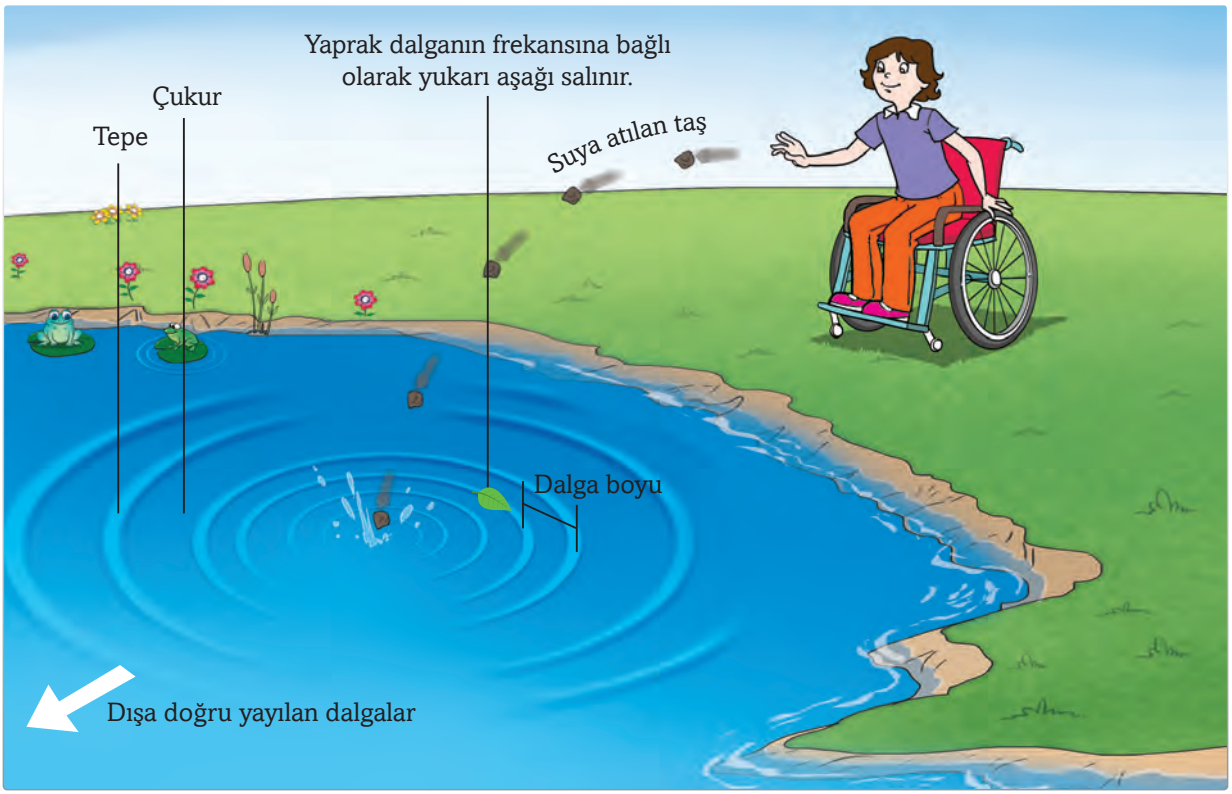
- https://bit.ly/1IzkgwY

Dalga ve Enerji

Bir göldeki durgun suya çakıl taşı attığınızı düşününüz. Taş suya çarptığında su, titreşim hareketi yapar. Bunun sonucunda su yüzeyinde dışarı doğru bir dizi dalga meydana gelir. Suda meydana gelen titreşim hareketi taşın su içinden geçerken aktardığı enerjiden kaynaklanır.

- Peki, bu enerjinin aktarımı nasıl olmaktadır?
- Yüzeyde oluşan dalgalar yayılırken enerjiyi nasıl taşırlar?
- Su yüzeyinde meydana gelen dalga ile titreşim arasında nasıl bir ilişki vardır?

3.1 etkinliğini yaparak bu olayın nasıl olduğunu anlamaya çalışınız.



Görsel 3.7: *Dalgalar enerjiyi bir noktadan başka bir noktaya aktarır.*

ETKİNLİK 3.1

Dalga Titreşimdir

Araç ve Gereçler
- tepsi
- damlalık
- su

Etkinliğin Amacı

Titreşim sonucu oluşan dalganın özelliklerini araştırmak.

Bunları Yapınız

• Tepsiyi düz bir zemin üzerine koyunuz ve tepsinin içine yaklaşık 3 cm yüksekliğinde su koyunuz.

• Damlalığı kullanarak kaptaki suyun ortasına gelecek şekilde önce 30 sonra 40 cm yukarıdan saniyede bir damla olacak şekilde 5 damla damlatınız.

• Su yüzeyinde oluşan dalgaları gözlemleyiniz.

Soruları Cevaplayınız

• 30 ve 40 cm yukarıdan bıraktığınız dalgaların su yüzeyinde oluşturduğu dalgaların şekillerinde ne gibi değişiklikler var?

• Hangi durumda oluşan dalga daha fazla enerji taşır? Neden?

Etkinlikte durgun suya düşen damlaların su yüzeyinde ilerleyen dairesel dalgaların oluşmasına sebep olduğunu gözlemlediniz. Peki, daha yukarıdan bırakılan damlaların su yüzeyinde daha belirgin dalgalar oluşturduğunu fark ettiniz mi? Bu durum titreşimi başlatan damlanın enerjisi ne kadar büyükse su yüzeyinde meydana gelen dalgaların da o oranda daha fazla enerjiye sahip olduğunun bir göstergesidir. Kaptaki suya düşen damla hareket ettiği için kinetik enerjiye sahiptir. Kinetik enerjinin hareket enerjisi olduğunu biliyorsunuz. Yukarıdan bırakılan damla su yüzeyine çarptığında kinetik enerjisinin büyük kısmını yakındaki su moleküllerine aktarır. Böylece su molekülleri aldığı bu enerji ile titreşim hareketi yapmaya başlar. Titreşen su molekülleri enerjilerini komşu su moleküllerine aktarır ve bu aktarım devam eder, gider. Su molekülleri titreştikçe ve bu titreşim molekülden moleküle aktarıldıkça suyun yüzeyinde bir dalga oluşur. Böylece enerji bir yerden başka yere aktarılır. Dalgalar, içinden geçtiği ortamın moleküllerini titreştirirken ortamın molekülleri dalga enerjisi kendilerine ulaştığında titreşir.

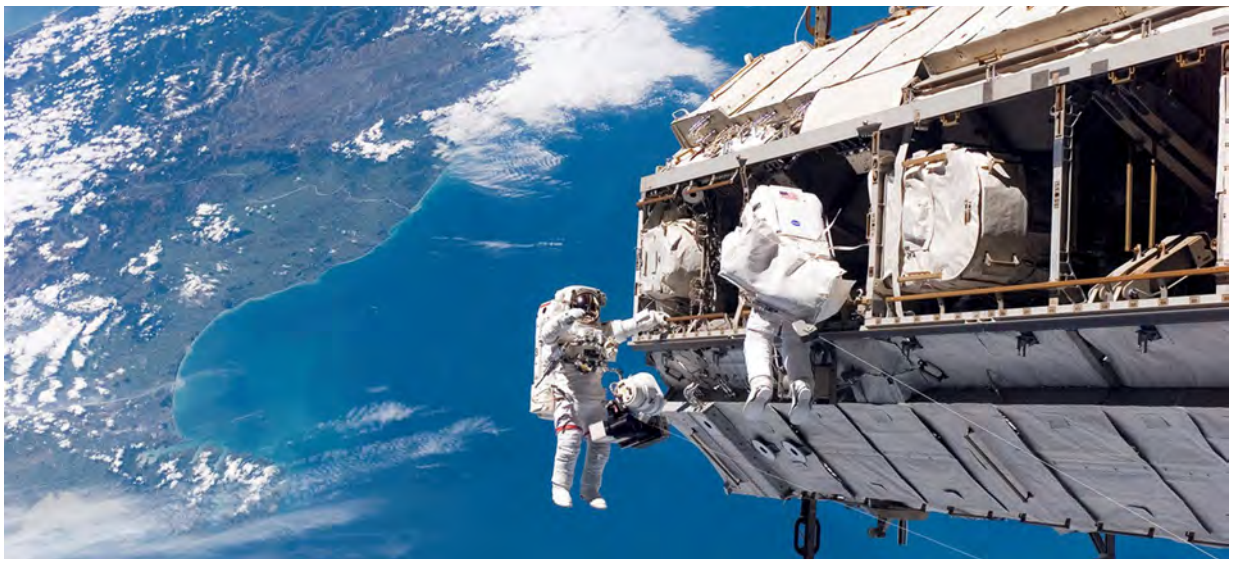
Görsel 3.8: *Bu otların hareketi, dalga hareketine örnek olarak verilebilir. Otların sapları ileri geri sallanarak enerji iletimi yapmaktadır. Ancak saplar ilerlemez. Bu örnekte ortamın ne olduğunu düşününüz.*

NE ÖĞRENDİNİZ?

Dalganın oluşabilmesi için bir nesnenin titreşmesi gerektiğine göre konuştuğumuzda ses dalgasını üreten kaynak nedir?

Dalga ve Ortam

Her dalga bir ortamda yayılır. Deniz dalgaları için ortam su iken ses dalgaları için ortam genellikle havadır. Maddenin tüm hâlleri ortam olabilir. Yayılabilmesi için maddesel ortamın gerekli olduğu dalgalara **mekanik dalgalar** denir. Bütün dalgaların yayılabilmesi için maddesel bir ortama ihtiyaç yoktur. Örneğin ses mekanik bir dalga olduğu için boşlukta (vakum ortamda) yayılmazken ışık ve radyo dalgaları gibi bazı dalgalar boşlukta yayılabilir ***(Görsel 3.9)***.



Görsel 3.9: *Uzayda, titreşim hareketinin meydana gelmesi için esnek maddesel ortam yoktur. Resimdeki astronotlar ellerindeki iki maddeyi birbirine vursa çıkan sesi duyamaz. Uzayda astronotların nasıl haberleştiğini düşününüz.*

Görsel 3.10: *Çeliğin yoğunluğu ($d_{Çelik}$ = 7,8 g/cm^3) bakırın yoğunluğundan ($d_{Bakır}$ = 8,9 g/cm^3) küçük, esnekliği ise büyüktür. Bu sebeple ses çelikte bakıra göre daha büyük bir süratle yayılır.*

Mekanik bir dalganın yayılma sürati dalganın genliği veya frekansına değil yalnızca içinden geçtiği ortamın özelliklerine bağlıdır. Bu özelliklerden biri ortamın yoğunluğudur. Ortamın yoğunluğu, ortamda oluşturulan dalganın süratini azaltacak etki gösterir. Çünkü yoğun ortamın eylemsizliği büyüktür. Bu nedenle dalga, daha yoğun ortamın taneciklerini hareket ettirmek için daha fazla enerji harcar ***(Görsel 3.10)***.

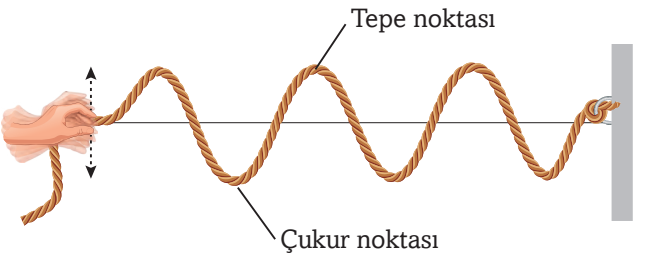
Dalganın süratini etkileyecek diğer bir özellik ise ortamın esnekliğidir. Esneklik, kuvvet etkisiyle ortamın şeklini değiştirmesini, kuvvet ortadan kalktığında tekrar eski şekline dönme kabiliyetini ifade eder. Dalgalar esnek ortamlarda daha süratli hareket eder. Çeliğin esnekliğinin bakırdakinden fazla olması sebebiyle ses çelikte bakırdakinden daha süratli yayılır.

Dalgaların Özellikleri

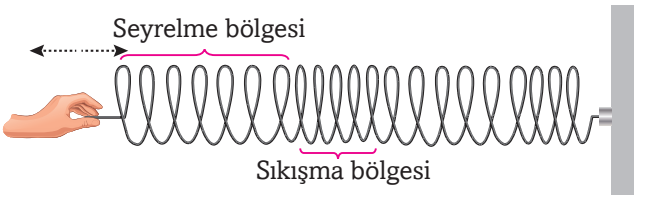
Ses, yay, su, deprem ve ışık dalgaları gibi birçok farklı dalga türü olduğunu biliyorsunuz. Tüm dalgalar genlik, dalga boyu, frekans, periyot gibi benzer temel özelliklere sahiptirler.

Tepe ve Çukur Noktaları

Bir ipin ucunu sallayarak bir dalga ürettiğinizi farz ediniz. Ürettiğiniz dalga, ***Görsel 3.11.a***'da görüldüğü gibi tepe ve çukur adı verilen noktalara sahiptir. Bir dalganın en yüksek noktasına **dalga tepesi**, en alçak noktasına ise **dalga çukuru** adı verilir. Diğer taraftan sarmal bir yayı bir ucundaki birkaç halkayı sıkıştırıp bıraktığınızda ipte oluşan dalgalardaki gibi tepe ve çukur noktalar oluşmaz. Bunun yerine ***Görsel 3.11.b***'de görüldüğü gibi yayı oluşturan halkalarda sıkışma ve seyrelme biçiminde gözlenen dalga hareketi meydana gelir. Sıkışma, yay halkalarının birbirine yakın olduğu bölgedir. Bu bölgenin yanında seyrelme denilen ve yay halkalarının birbirinden ayrıldığı daha az yoğun olan bir bölge oluşur. Bu şekildeki dalgaların sıkışık bölgesine tepe noktası, seyrek bölgesine ise çukur noktası denilebilir. İpte oluşturduğunuz dalgadaki tepe ve çukur noktalar yayda oluşturduğunuz sıkışma ve seyrelme bölgelerine denk gelir ***(Görsel 3.12)***.

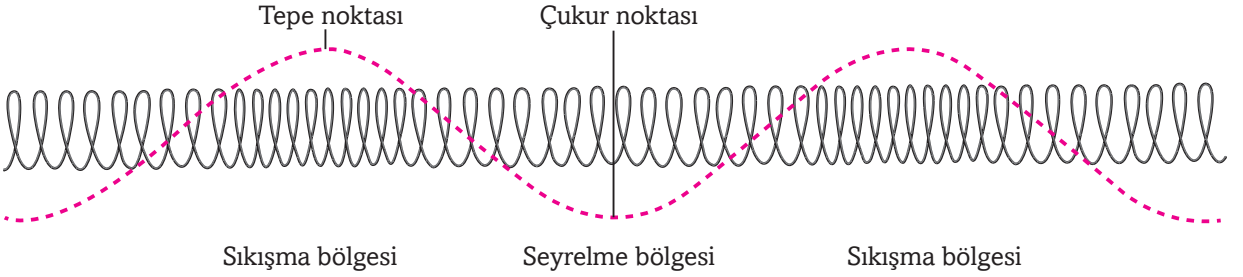


a) İpte oluşan dalga, ortam boyunca ilerleyen tepe ve çukurlardan oluşur.



b) Yay dalgası, ortam boyunca hareket eden sıkışma ve seyrelme bölgelerinden oluşur.

Görsel 3.11: *Bir ortam boyunca hareket eden ve dalgayı oluşturan farklı özelliklere sahip iki dalga*



Görsel 3.12: Yaydaki sıkışma ve seyrekleşme bölgeleri tepe ve çukur noktalarına denk gelir.

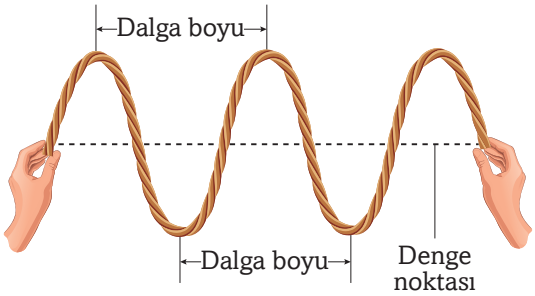
Dalga Boyu

Her dalga, dalga boyu denen bir özelliğe sahiptir. Art arda gelen iki dalga tepesi veya iki dalga çukuru arasındaki mesafeye **dalga boyu** denir. Daha genel bir tanımlama yapılırsa dalga boyu, dalganın aynı özellikteki art arda gelen eşdeğer noktaları arasındaki uzaklıktır. ***Görsel 3.13.a***'ya bakarak bir ipte oluşturulan dalgadaki dalga boyu kavramını daha iyi anlayabilirsiniz.

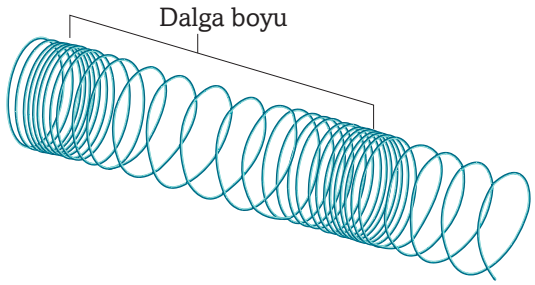
Sarmal bir yayın bir ucundaki birkaç halkanın sıkıştırılıp bırakılmasıyla elde edilen yayda dalga boyu, ***Görsel 3.13.b***'de gösterildiği gibi iki komşu sıkışma bölgesi veya iki komşu seyrelme bölgesi arasındaki mesafedir. Dalga boyu uzunluk olduğu için uzunluk birimleri aynı zamanda dalga boyu birimleridir.

Bunları biliyor musunuz?

Gergin bir ip veya lastik de yay olarak kabul edilebilir.



a) İpte oluşan bu dalgada art arda iki tepe ya da iki çukur arasındaki uzaklık dalga boyunu verir.

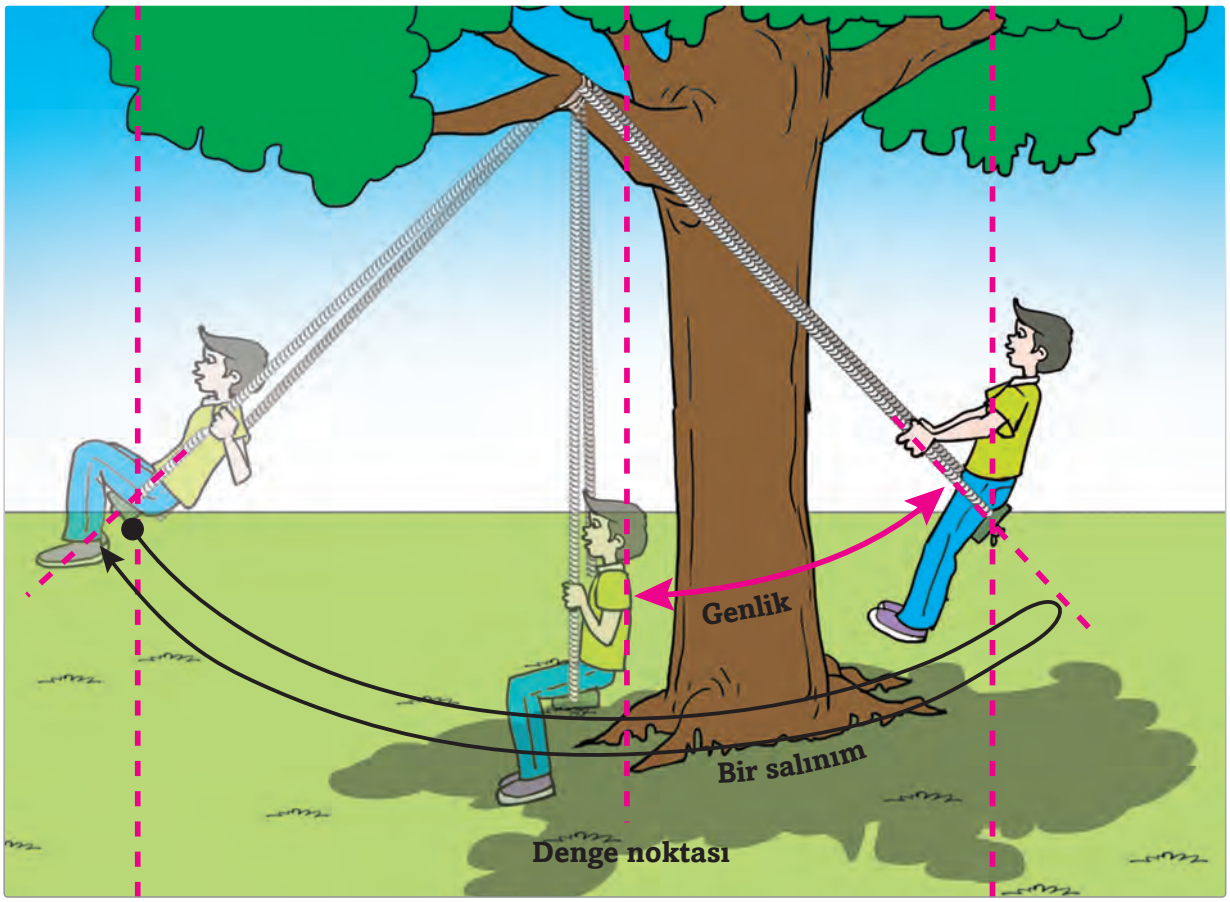


b) Sarmal yayda oluşturulan bu dalgada art arda gelen sıkışma veya seyrelme bölgeleri arasındaki mesafe dalga boyunu verir.

Görsel 3.13: *Dalga boyu, bir dalganın herhangi bir noktasında başlar ve aynı özellik gösteren ardışık noktada biter.*

Frekans ve Periyot

En sevdiğiniz radyo kanalı hangisi? Sevdiğiniz bu radyo kanalını ayarlamak için belirli bir frekanstaki radyo dalgalarını seçtiğinizi biliyor muydunuz? Bir dalganın frekansı, her saniyede sabit bir noktadan geçen dalga boylarının sayısıdır. Frekans kavramını daha iyi anlamak için aşağıdaki resimde görülen çocuğun salınım hareketine bakınız.



Görsel 3.14: *Salıncağın salınım hareketi, bir gitar telinin titreşim hareketine benzer. Çocuğun 1 s'de, yaptığı salınım sayısı bu hareketin frekansıdır..*

Görsel 3.14'te görüldüğü gibi salıncak önce bir yönde, sonra bu yönün zıttı yönünde hareket etmektedir. Salıncağın en tepe noktadan salınmaya başlayıp karşı tarafa gidip tekrar başladığı yere gelmesine bir salınım denir. İşte salıncağın bir saniyede yaptığı salınım sayısına **frekans** denir. Frekansı büyük olan salıncak daha hızlı salınır. Salıncağın denge noktasından itibaren bir yönde ulaşabildiği en büyük uzaklığa da **genlik** denir. Her titreşim bir dalga oluşturur. Dolayısıyla bir cismin titreşim sayısı artarsa oluşan dalga sayısı da o oranda artar. İpte oluşturduğunuz bir dalgada her saniyede bir noktadan geçen tepe veya çukurların sayısını sayarak bir dalganın frekansını bulabilirsiniz ***(Görsel 3.15)***. Benzer şekilde sarmal bir yayı sıkıştırıp bıraktığınızda oluşan dalgadaki frekans her saniyede bir noktadan geçen sıkışma veya seyrekleşme bölgelerinin sayısıdır. Frekans, hertz (Hz) cinsinden ifade edilir. Bu birim, dalgalar konusundaki çalışmalarından dolayı Alman fizikçi Heinrich Rudolf Hertz'i (Henrik Rudolf Hertz) onurlandırmak için verilmiştir.

Bir dalganın frekansı her zaman onu oluşturan kaynağın titreşim hızına eşittir. Yani kaynak titreştiği sayıda dalga oluşturur. Halatı 1 saniye içinde yukarı, aşağı ve tekrar yukarı hareket ettirirseniz oluşturduğunuz dalganın frekansı 1 Hz'dir. Halatı 1 saniyede beş kez yukarı, aşağı ve tekrar yukarı hareket ettirirseniz oluşan dalganın frekansı 5 Hz'dir. Frekans, dalgayı oluşturan kaynağa bağlıdır ve "f" ile gösterilir

Yüksek frekanslar kilohertz (kHz) olarak ölçülür. Daha da yüksek frekanslar da megahertz (MHz) cinsinden ölçülür. 1 Hz'lik bir frekans, 1 saniyede 1 dalga boyunun geçtiğini anlatır. SI birim sisteminde 1 Hz, 1/s'ye eşittir.

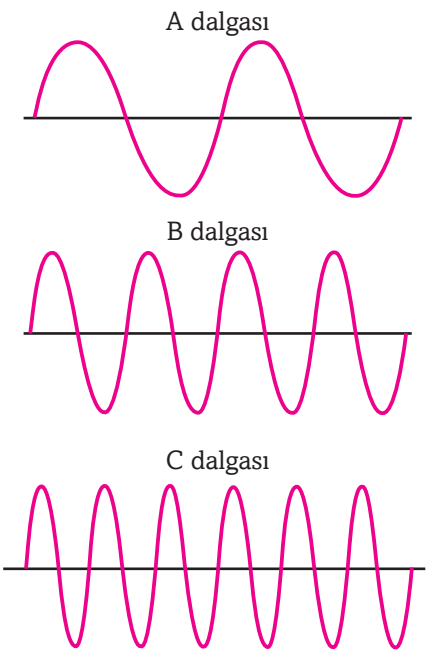
Dalga Boyu Frekans ile İlgilidir

Bir dalga boyunun bir noktadan tam olarak geçmesi için geçen sürenin uzunluğuna **periyot** denir. Bir dalganın frekansı arttıkça periyodu azalır. Periyot "T" ile gösterilir ve birimi saniyedir (s).

Periyot ile frekans arasında ters orantı vardır. Bu ilişki aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir.

$$T = \frac{1}{f} \text{ veya } T \cdot f = 1$$

Bir ip ile dalga oluşturduğunuzu düşününüz. İpi yukarı aşağı daha hızlı hareket ettirirseniz dalganın frekansını artırırsınız. İpi daha hızlı yukarı aşağı hareket ettirmek dalga boyunu kısaltır. Bu ilişki her zaman doğrudur, frekans arttıkça dalga boyu azalır.



Görsel 3.15: *Frekans, bir noktadan belli bir zaman aralığında tam olarak kaç dalga boyunun geçtiğini ifade eden bir değerdir. Sizce yukarıdaki dalgalardan hangisinin frekansı en büyüktür?*

Bilime Hizmet Edenler

Heinrich Rudolf Hertz

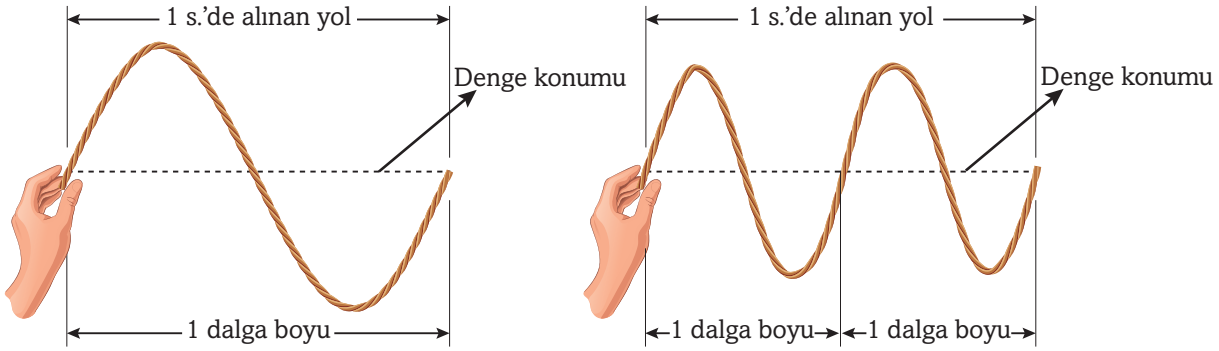
(1857-1894)

Almanya'nın Hamburg şehrinde doğmuştur. 28 yaşındayken Karlsruhe (Kalshuğa) Üniversitesine fizik profesörü olarak atanmıştır. Radyo dalgalarının varlığını kanıtlayabilen, laboratuvar ortamında ilk defa toplayabilen ve gözlemleyebilen kişi unvanını taşımaktadır.

https://bit.ly/2O40KHo

(Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

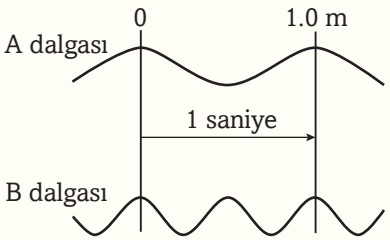
Görsel 3.16, iki farklı dalganın dalga boyları ve frekanslarını arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Görsel 3.16: *Bir dalganın birim zamandaki dalga boyu azalırsa frekansı artar.*

ÖRNEK PROBLEM

Yanda iki farklı dalga görülmektedir.



a) A dalgasının dalga boyunu B dalgasının dalga boyu ile karşılaştırınız.

b) A ve B dalgalarının frekanslarını karşılaştırınız. Hangi dalganın frekansı daha büyüktür? Neden?

ÇÖZÜM

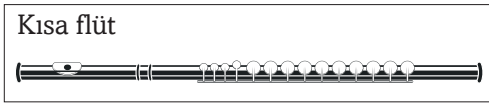
a) Şekle baktığınızda A dalgasının dalga boyunun 1 m, B dalgasının dalga boyunun 0,5 m olduğu görülmektedir.

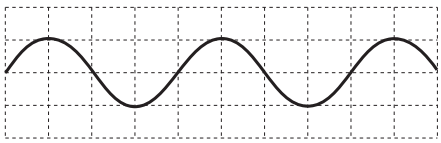
b) Şekle bakıldığında 1 saniyede B'de daha fazla dalga oluşturduğu görülmektedir. Dolayısıyla B dalgasının frekansı daha büyüktür.

ALIŞTIRMA

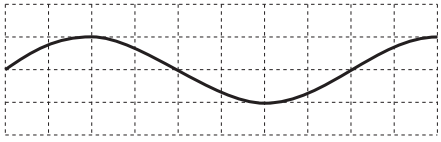
Kısa flüt yüksek frekanslı, uzun flüt düşük frekanslı ses üretir. Kısa ve uzun flüte ait ses dalgaları aşağıdaki gibi modellendiğine göre,

Kısa flüt





Uzun flüt



- **Aynı anda çalınan iki kısa flüte ait ses dalgası nasıl olur?**
- **Aynı anda çalınan iki uzun flüte ait ses dalgası nasıl olur?**

Meydana gelen ses dalgalarını yukarıdaki gibi birim kareler üzerinde çizerek gösteriniz.

Dalganın Hızı

Hiç suyun altındayken dışarıdaki sesleri dinlediniz mi? Örneğin arkadaşınız suyun üstünde elindeki iki taşı birbirine vuruyor ve siz de bir havuzda su altından çıkan sesi dinliyorsunuz. Böyle bir deneyim yaşadıysanız sesin daha yakından geldiğini hissedersiniz.Ses dalgalarının her ortamda farklı süratle yayıldığını biliyorsunuz. Şimdi yandaki tabloyu dikkatle inceleyiniz. Sizce ses hangi ortamda en hızlı hareket etmektedir? Ya da genel olarak ses dalgaları katı, sıvı, gaz hâllerinden hangisinde daha hızlı hareket eder?

Ses dalgaları genellikle katılarda sıvılardan, sıvılarda da gazlardan daha hızlı hareket eder. Çünkü genel olarak katılar sıvılardan, sıvılar da gazlardan daha yoğundur. Bunun anlamı, farklı maddelerdeki tanecik ya da moleküllerin farklı dizilmiş olmasıdır. Ses hızı aynı zamanda yayıldığı ortamın sıcaklığına da bağlıdır. Örneğin havada yayılmakta olan ses dalgalarının 15 °C'daki hızı 340 m/s iken 0 °C'daki hızı 332 m/s'dir.

Genel olarak mekanik dalgaların yayılma hızı geçtiği ortamın cinsine bağlıdır.

Tablo 1.1: *Sesin çeşitli ortamlardaki hızı*

Madde	Ses hızı (m/s)
Hava (0 °C)	332
Hava (20 °C)	344
Oksijen (27 °C)	330
Helyum (0 °C)	965
Hidrojen (0 °C)	1284
Su (25 °C)	1497
Deniz suyu (25 °C)	1535
Cıva (25 °C)	1450
Metil alkol	1103
Giliserol (25 °C)	1904
Demir (Oda sıcaklığı)	5960
Alüminyum (Oda sıcaklığı)	6420
Bakır (Oda sıcaklığı)	4760
Altın (Oda sıcaklığı)	3240
Kauçuk (Oda sıcaklığı)	1550

https://bit.ly/3f4Qj1A

Dalganın ilerleme hızını hesaplamak

v harfi ile gösterilen bir dalganın hızını dalga boyu ile frekansını çarparak hesaplayabilirsiniz. Dalga boyu Yunan alfabesindeki lamda (λ), frekans ise *f* ile gösterilir.

Dalga Hızı Denklemi

$$\text{Hız (m/s)} = \text{frekans (Hz)} \cdot \text{dalga boyu (m)}$$

$$v = f \cdot \lambda$$

Frekans birimi Hz ile uzunluk birimi m çarpıldığında hız biriminin m/s olarak nasıl elde edildiğini anladınız mı? SI birim sisteminde frekansın biriminin Hz olduğunu biliyorsunuz. Hz'in 1/s'ye eşit olduğunu hatırladınız mı? Dolayısıyla Hz · m, 1/s · m'ye eşittir. Yanda verilen linkteki simülasyon ile farklı frekans ve dalga boyunda dalgalar üreterek frekans, dalga boyu ve periyot arasındaki ilişkileri daha iyi anlamaya çalışınız.

Fizik İnteraktif

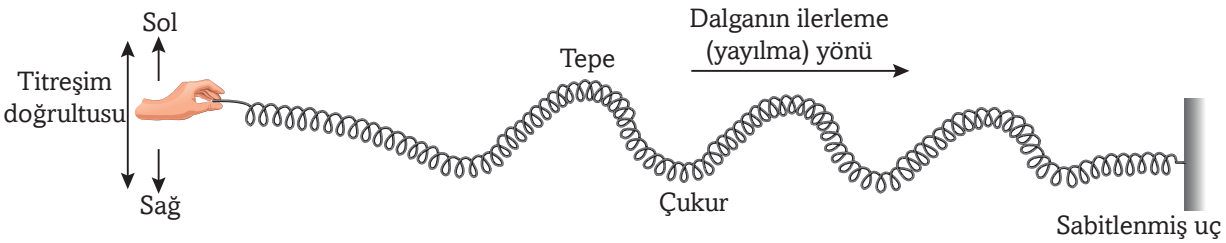
- https://bit.ly/1IzkgwY

Enine ve Boyuna Dalga Nedir?

Yayılması için maddesel ortam gerekli olan dalgalara mekanik dalgalar dendiğini öğrendiniz. Mekanik dalgaların enine ve boyuna dalgalar olmak üzere iki türü vardır. İpte oluşturulan dalgalar, enine dalgalara örnek verilebilirken ses dalgaları ve bir yayı enine çekip bıraktığınızda oluşan dalgalar boyuna dalgalara örnek olarak verilebilir.

Enine Dalgalar

Titreşim doğrultusu yayılma doğrultusuna dik olan dalgalara **enine dalgalar** denir. ***Görsel 3.17***, düz bir zemine yerleştirilmiş olan bir yayda üretilen enine dalganın yukarıdan görünüşünü temsil etmektedir.



Görsel 3.17: *Yayda oluşturulan enine bir dalga*

Bunları biliyor musunuz?

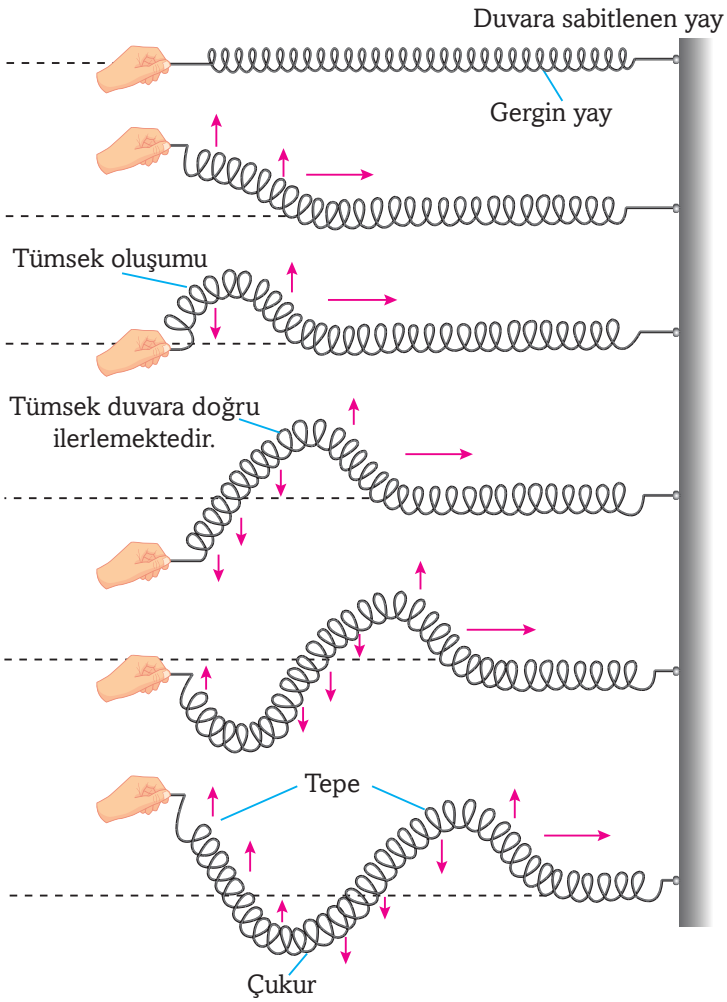
Oberhausen Sarmal Köprüsü

Sanat, bilim ve düşünce bu eserde birleşti. Almanya'nın Oberhausen (Oberhosen) kentinde sarmal yay şeklinde tasarlanmış bir yaya ve bisiklet köprüsü vardır. Görünüş olarak köprü, sarmal şekilde renkli bir şerit gibi inşaa edilmiş ve birçok çocuğun oynadığı popüler yay oyuncaklarına adanmıştır.

2001 yılında inşa edilen bu son teknoloji mimari yapı köprü 406 metrelik uzunluk boyunca her biri 5 metre çapında toplam 496 sarmal sargıdan yapılmıştır. Bu şekliyle köprü Ren nehri üzerinde yavaş yavaş sürünen büyük bir yılana benzemektedir.

Sarmal köprünün muhteşem manzarasını görmek isteyenler akşamın geç saatlerde ya da geceleri buraya gelmelidir.

Görsel 3.18 gergin bir yayda enine dalgaların üretilme adımlarını göstermektedir. 141. sayfada Fizik İnteraktif köşesinde verilen linklerdeki simülasyonları inceleyerek enine ve boyuna dalgaların özelliklerini daha iyi kavrayabilirsiniz.



Görsel 3.18: *Yatay bir zeminde sarmal yayla oluşturulan enine dalgaların üstten görünüşü*

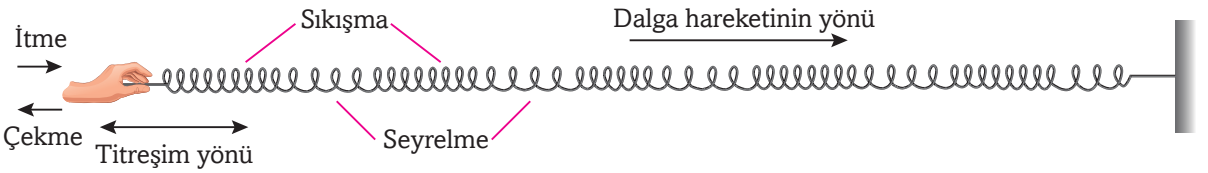
Düz ve pürüzsüz bir zeminde bir ucu duvara sabitlenmiş bir sarmal yayın diğer ucunu tutarak yayı sağa-sola hareket ettiriniz. Tümseklerin (tepe ve çukurlar) sizden duvara doğru hareket ettiğini göreceksiniz. ***Görsel 3.18***'de görülen düşey oklar (↑↓) yay taneciklerinin hareketini temsil etmektedir. Yatay ok (→) ise dalganın hareket yönünü temsil etmektedir. Bu okların birbirleriyle dik açı yaptığını fark ettiniz mi? Bunun anlamı enine dalgalarda yayı oluşturan taneciklerin yer değiştirme yönü ile dalga hareketi arasında dik açı olmasıdır.

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/3tmxdIe
- https://bit.ly/2DDpRbP

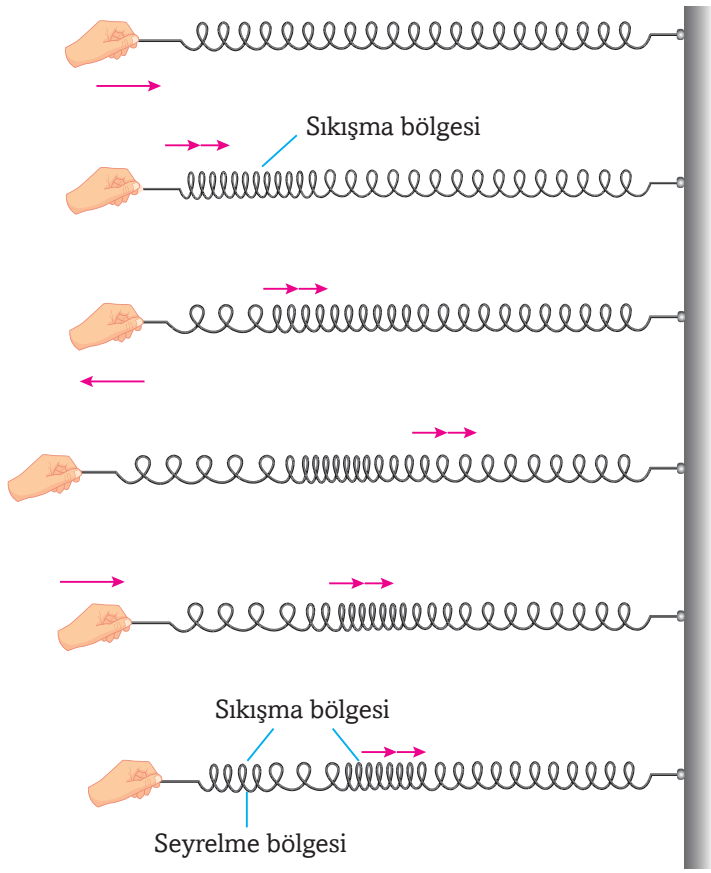
Boyuna Dalgalar

Titreşim doğrultusu yayılma doğrultusuna paralel olan bu dalgalara da **boyuna dalgalar** denir. ***Görsel 3.19***, düz bir zemine yerleştirilmiş olan sarmal bir yayda üretilen bir boyuna dalganın yukarıdan görünüşünü göstermektedir.



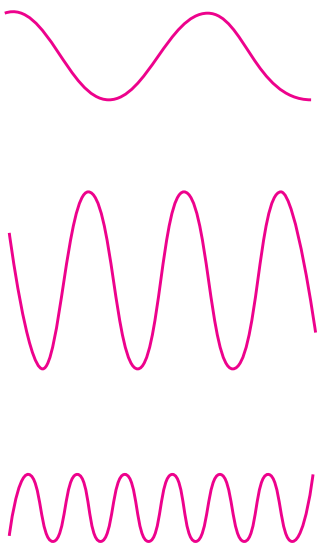
Görsel 3.19: *Yayda oluşturulan boyuna bir dalga.*

Görsel 3.20, duvara sabitlenmiş sarmal bir yayda boyuna dalgaların nasıl üretildiğini göstermektedir. Görselde bir elin yay yönü ile paralel olacak şekilde yaya ileri-geri hareket yaptırarak boyuna bir dalga oluşturduğu görülmektedir. Elin hareketi sonucunda yayda sıkışma ve seyrelme bölgeleri oluşur ve bu bölgeler yay boyunca hareket eder. Sıkışma ve seyrelme bölgeleri yay üzerinde v hızıyla ilerleyen bir dizi dalgayı oluşturur. Yayın her bir parçası sadece dalganın yayılma yönünde ileriye ve geriye doğru kısa mesafelerde hareket eder. Boyuna bir dalga taneciklerin dalga cephesi yönünde ileri-geri hareket ettiği bir sıkışma (basınç) dalgasıdır. Görselde görülen çift oklar (→→) yayda oluşan dalga hareketinin yönünü göstermektedir. Görselde görülen tek oklar ise (→ ve ←) titreşim yönünü temsil etmektedir. Okların aynı doğrultuda olduğunu fark ettiniz mi? Bunun anlamı boyuna dalgalarda, yayı oluşturan taneciklerin yer değiştirme yönü ile dalga hareketinin birbirine paralel olmasıdır.



Görsel 3.20: *Sarmal bir yayda oluşturulan boyuna dalgalar*

Dalgaların Genliği ve Enerjisi



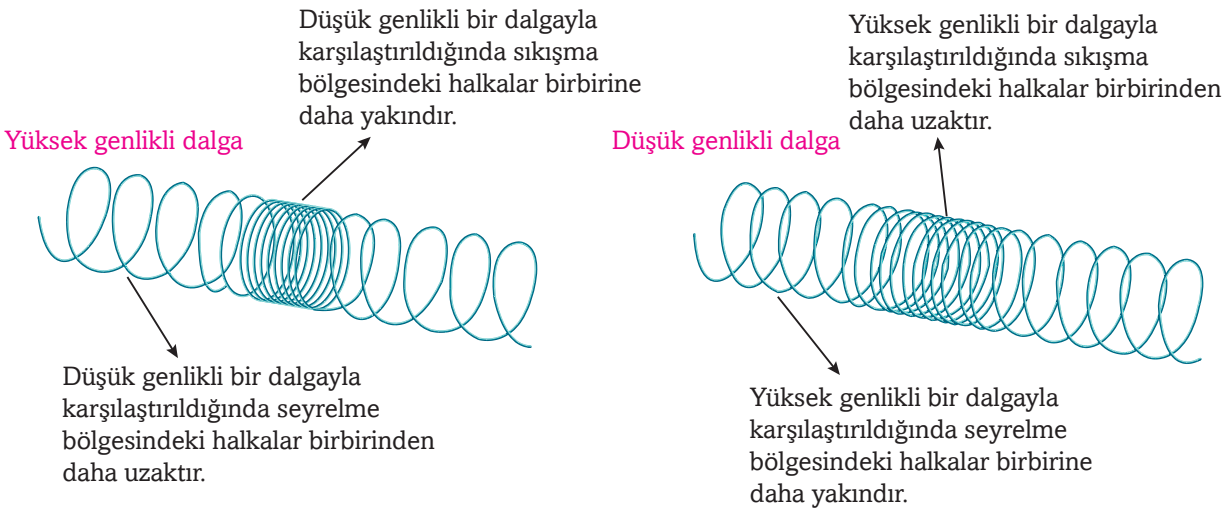
Görsel 3.21: *Yukarıda üç farklı dalga görülmektedir. Bu dalgalardan hangisinin enerjisi daha büyüktür? Neden?*

1999 yılında meydana gelen Düzce depremi büyük yıkıma sebep oldu. Sizce neden bazı deprem dalgaları çok büyük hasara neden olurken bazıları hissedilmiyor? Düzce depremini meydana getiren dalgaların her gün bir yerlerde olan ama hissetmediğiniz deprem dalgalarından farkı nedir?

Düzce depremini meydana getiren dalgaların enerjisi çok büyüktü. Sizce bir dalganın enerjisinin büyüklüğü o dalganın hangi özelliğini belirler? Genlik kavramını daha önce öğrendiniz. Bir dalganın genliği ne kadar büyükse taşıdığı enerji de o kadar büyüktür. Genlik, enine ve boyuna dalgalar için farklı ölçülür.

Boyuna Dalgaların Genliği

Boyuna dalgaların genliği, titreşim oluşturmak için ortamın ne kadar büyük bir kuvvetle itildiğine ya da çekildiğine bağlıdır. Ortama daha büyük kuvvet uygulanırsa oluşan dalganın genliği büyür. Dolayısıyla dalga o kadar çok enerji taşır. Örneğin sarmal yaydaki halkaları birbirlerine daha çok yaklaştırmak için daha fazla enerji harcanır. Sarmal yaydaki halkalar birbirine ne kadar yaklaştırılırsa seyrelme bölgesindeki halkaların arasındaki mesafede o kadar açılır. Yani seyrelme bölgesi daha uzun olan yay, daha fazla enerji taşır. ***Görsel 3.22***, farklı genliklere sahip boyuna dalgaları göstermektedir.



Görsel 3.22: *Boyuna dalgaların genliği, sıkışma ve seyrelme bölgelerinin yoğunluğuna bağlıdır.*

Görsel 3.23: *Dalganın yüksekliği (genliği) arttıkça taşıdığı enerji artar.*

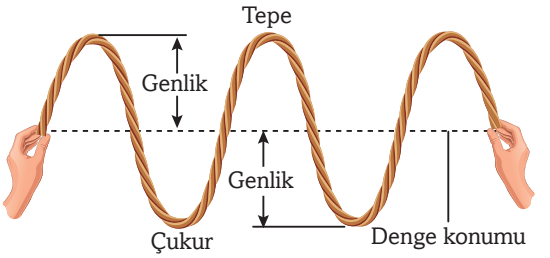
Enine Dalgaların Genliği

Yaz aylarında denizde yüzerken bir dalga ile devrildiğiniz oldu mu? Eğer devrildiyseniz dalganın ne kadar yüksek olursa o kadar çok enerji taşıdığını fark etmiş olmalısınız. Bir dalganın taşıdığı enerji arttıkça dalganın genliği de artar. Yani denizdeki yüksek bir dalga, alçak dalgadan daha büyük enerjiye sahiptir. Başka bir örnek vermek gerekirse bir havuza küçük bir taş yerine, büyük taş atarsanız meydana gelen dalga daha büyük olur. Bu durumda genlik artar.

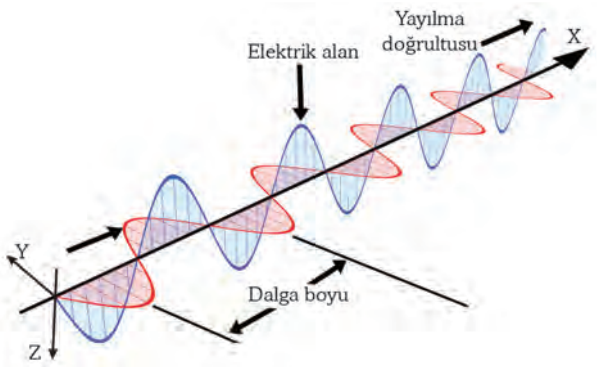
Herhangi bir enine dalganın genliği, ***Görsel 3.24***'te gösterildiği gibi denge noktasıyla denge noktasına en uzakta bulunan noktalar arasındaki mesafedir. Bir başka deyişle genlik, bir dalga tepesi ile dalga çukuru arasındaki mesafenin yarısıdır.

Su, ses, deprem ve yay dalgalarının yayılabilmesi için esnek bir ortam gerekir. Ses dalgalarını taşıyan esnek ortam hava iken su dalgalarını taşıyan esnek ortam sudur. Su, ses, deprem ve yay dalgaları gibi yayılmak için maddesel ortama ihtiyaç duyan dalgalara **mekanik dalgalar** denir. Ancak yayılması için maddesel ortamın gerekli olmadığı dalgalar da mevcuttur. Bu dalgalara **elektromanyetik dalgalar** denir.

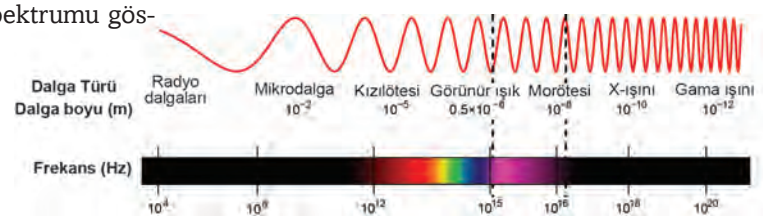
Elektromanyetik dalgaların enerjilerine göre sıralandığı çizelgeye **elektromanyetik dalga spektrumu** denir. Bu spekrum, en düşük enerjiden (en uzun dalga boylu) en yüksek enerjiye (en kısa dalga boylu) kadar elektromanyetik dalgaları göstermektedir. Bu elektromanyetik dalgalar sırasıyla radyo dalgaları, mikrodalgalar, kızılötesi ışınlar, görünür ışık, morötesi ışınlar, X-ışınları ve gama ışınlarıdır. ***Görsel 3.25*** birbirine dik elektrik ve manyetik alanlardan ibaret olan elektromanyetik dalgaları, ***Görsel 3.26*** ise elektromanyetik spektrumu göstermektedir.



Görsel 3.24: *Bir enine dalganın genliği, bir tepe veya bir çukur noktasının denge konumuna olan uzaklığıdır.*



Görsel 3.25: *Elekromanyetik dalga, birbirine dik elektrik ve manyetik alanlardan oluşur.*



Görsel 3.26: *Elektromanyetik dalga spektrumu*

Radyo Dalgaları

Radyo dalgaları, elektromanyetik spektrumda en büyük dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalardır. Bu dalgalar yıldızlar tarafından da üretilebileceği gibi ses ve görüntü taşımak amacıyla radyo ve TV dalga vericileri tarafından yapay yolla üretilebilir ***(Görsel 3.27)***.

Görsel 3.27: *Radyo dalga vericisi*

Mikrodalgalar

Mikrodalgalar, yıldızlar ve galaksiler tarafından doğal olarak üretilebileceği gibi yapay olarak da üretilebilmektedir. 1 metre ile 1 milimetre arasında değişen dalga boylarına sahiptir. Mikrodalga fırınlarında, cep telefonlarında, kablosuz internet erişiminde, bluetooth kulaklıklarında, radarlarda mikrodalga kullanılır ***(Görsel 3.28)***.

Görsel 3.28: *Mikrodalga fırın ile çok hızlı yemek ısıtabilirsiniz.*

Kızılötesi Işınlar

Kızılötesi ışınlar, canlılar dahil, sıcak cisimler tarafından yayılır. Kızılötesi ışınlar günlük hayatta uzaktan sıcaklık ölçen termometreler, kısa mesafeli kablosuz iletişim, termal kameralar gibi birçok cihazda kullanılır ***(Görsel 3.29)***.

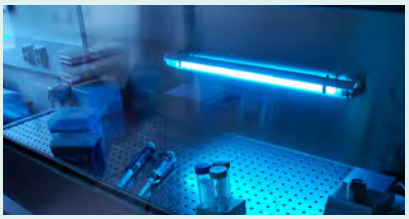
Görsel 3.29: *Ateş ölçer termometre*

Görünür Işık

Elektromanyetik spektrumun insan gözü tarafından algılanan kısmıdır. Yıldızlar, lambalar ve bazı kimyasal reaksiyonlar tarafından yayınlanır.

Morötesi (Ultraviyole) Işınlar

Morötesi ışınlar, güneş ve yıldızlar tarafından yayılır. Aşırı maruz kalındığında vücutta güneş yanıkları, cilt kanseri ve katarakt oluşabilir. Morötesi ışıklar mikrop öldürücüdür. Bu nedenle malzemelerin sterilizasyon işlemlerinde kullanılır ***(Görsel 3.30)***.



Görsel 3.30: *Morötesi ışınla sterilizasyon işlemine tabi tutulan malzemeler*

X-Işınları

X-ışınları röntgen ışını olarak da bilinir. En bilinen kullanım alanı radyolojik görüntülemedir. Ayrıca havalimanlarında ve alışveriş merkezlerinde güvenlik amacıyla kullanılmaktadır. Aşırı maruz kalındığında vücut sağlığı için ciddi tehlikeler oluşturur ***(Görsel 3.31)***.

Görsel 3.31: *X ışınları kullanılarak iç organlar görüntülenebilir.*

Gama Işınları

En yüksek enerjili dalgalar olarak bilinen gama ışınları en kısa dalga boylarına sahiptir. Gama ışınları nükleer reaksiyonla üretilebilirler. Bu ışınlara maruz kalmak canlıların sağlığı açısından son derece tehlikelidir. Kontrollü olarak tıbbi tedavi amaçlı kullanılmaktadır ***(Görsel 3.32)***.

Görsel 3.32: *Nükleer patlamalarda etrafa kontrolsüz bir şekilde gama ışını yayınlanır.*

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- Her kelimeyi ayrı bir cümlede kullanınız: **dalga boyu, genlik, frekans ve periyot.**
- Kendi cümlelerinizle **enine ve boyuna dalgaları** tanımlayınız ve bu dalgalara örnekler veriniz.

AÇIKLAYINIZ

1. Bir yayı sıkıştırarak elde ettiğiniz bir dalgada büyük genlikli dalga ile küçük genlikli dalga arasındaki farkı açıklayınız.
2. Bir dalganın periyodu arttığında frekansının nasıl değiştiğini açıklayınız.
3. Bir dalganın frekansı değişmiyor ancak dalga yavaşlamaktadır. Dalga boyunun nasıl değiştiğini açıklayınız.

UYGULAMA

4. Uzun bir ipin ucunu yukarı ve aşağı sallayarak enine bir dalga oluşturduğunuzu farz ediniz. Bu dalganın dalga boyunu küçültmek için ipi nasıl sallamanız gerekir? Dalganın taşıdığı enerjiyi artırmak için ipi nasıl sallarsınız?
5. Ses dalgasının katılarda neden gazlardan daha hızlı yayıldığını açıklayınız.

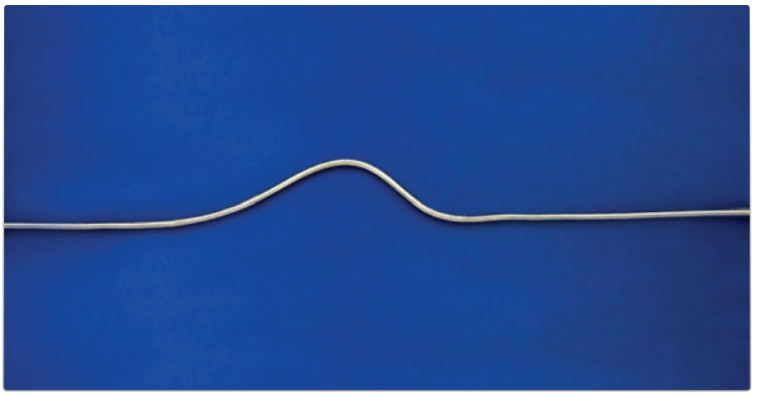
3.2. YAY DALGASI

- Atma ve Periyodik Dalga
- Atmaların Yansıması
- Atmaların İletilmesi

Görsel 3.33: *Yukarıdaki resimde esnek yayda oluşturulmuş bir atma görülmektedir. Sizce atma nedir? Sarmal bir yayda atmayı nasıl oluşturursunuz?*

Anahtar Kavramlar

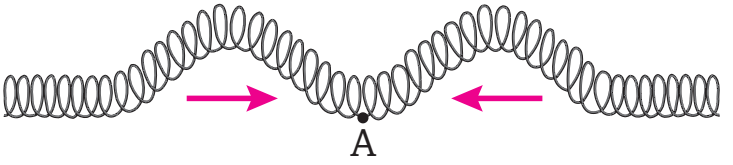
- atma



Görsel 3.34: *Sarmal yayın bir ucu sabitlenmiştir. Diğer uçtan oluşturulan bir atma bu sabit uca çarparsa ne olur? Atma serbest uçta nasıl davranır?*

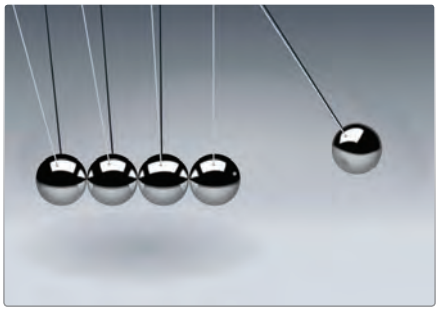
Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Atma ve periyodik dalga oluşturarak aralarındaki farkı açıklayabileceksiniz.
- Yaylarda atmanın yansımasını ve iletilmesini analiz edebileceksiniz.



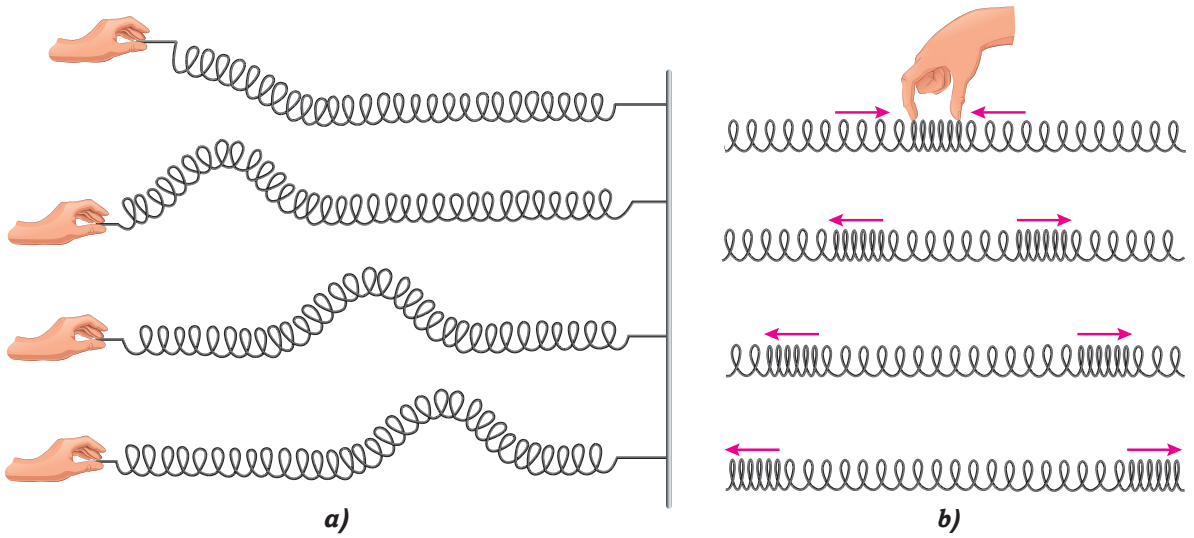
Görsel 3.35: *Birbirine doğru ilerlemekte olan bu atmalar A noktasında karşılaştıklarında ne olur?*

Atma ve Periyodik Dalga



Görsel 3.36: *Çelik bilyelerin en sağındaki bilye hafifçe kaldırılıp yanındaki bilyeye şekildeki gibi çarptırılırsa oluşan atma, sıralı bilyeler üzerinden yayılarak en sona gider.*

Odanızın kapısını hızla açtığınız ya da kapattığınız olmuştur. Bu esnada odanızın perdesinin hareket ettiğini fark ettiniz mi? Kapı hızlı bir şekilde açılır ya da kapanırsa kapı eşiğindeki hava ani bir şekilde sıkıştırılmış olur. Böylece havada görülmez bir dalga meydana gelerek odanın bir ucundan öteki ucuna yayılarak perdeye ani bir itme verir. Perdede oluşan bu kısa süreli sarsıntı, bir **atma** örneğidir. Başka bir atma örneği de şudur. Yandaki şekilde 5 adet çelik bilye birbirine değecek şekilde asılmıştır. En sağdaki bilye önündeki bilyeye çarpacak şekilde hafif yukarı kaldırılıp bırakılırsa bu dizinin öteki ucundaki bilye sağdan bırakılan bilyenin çarpma hızına yaklaşık eşit bir hızla hareket edecektir. Burada atma bilye dizisinin bir ucundan diğerine gitmiştir. Her bilye yerinden oynamış, enerji bir bilyeden ötekine iletilmiştir. Fakat en baştaki bilye dizinin bir başından ötekine gitmemiştir.



Görsel 3.37: *Bir yayda oluşturulan* ***(a)*** *enine ve* ***(b)*** *boyuna atmalar*

Fizik İnteraktif

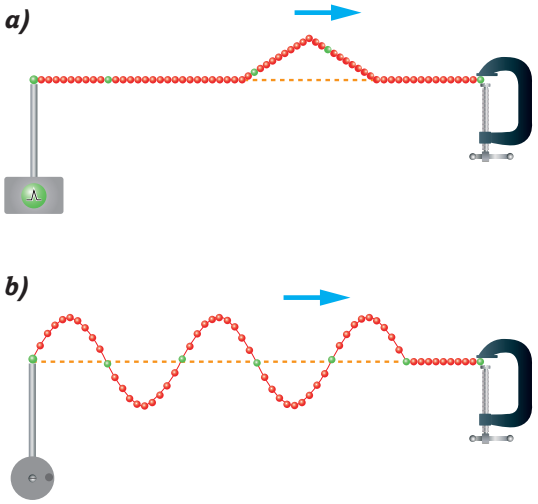
- https://bit.ly/1IzkgwY
- https://bit.ly/3eFLb3E

Esnek bir ortamda oluşturulan kısa süreli sarsıntıya **atma** denir. ***Görsel 3.37.a***'da görüldüğü gibi uçlarından gerilmiş bir yayı bir ucundan yay doğrultusuna dik olarak yukarı doğru çekip denge noktasına indirirseniz baş yukarı bir atma elde edersiniz. Yay aşağı çekilip tekrar denge noktasına kaldırılırsa baş aşağı atma elde edilir.

Benzer şekilde ***Görsel 3.37.b***'de görüldüğü gibi bir sarmal yayın birkaç halkası sıkıştırılıp aniden serbest bırakılırsa her iki yöne yayılan birer boyuna sarsıntı gözlenir. Kaynak aynı hareketi tekrarlamadığı için yayda yeni titreşim başlamaz ve yeni sarsıntı oluşmaz. Titreşimle ortama aktarılan enerjinin meydana getirdiği bu tek sarsıntı da atmaya örnektir.

Damlalık kullanarak durgun bir su yüzeyine eşit zaman aralıklarında su damlatırsanız su yüzeyinde sürekli tekrarlanan bir dalga hareketi meydana gelir. Esnek ortamda, eşit zaman aralıklarında art arda üretilen tam dalgalara **periyodik dalgalar** denir.

1. konuda dalgaların periyot, frekans, genlik ve dalga boyu gibi temel özellikleri incelenmişti. Atmalar periyodik dalgalar gibi düzenli titreşimler değildir. Bu nedenle dalga boyları veya periyotlarından bahsedilemez. Atma, dalgaların özelliklerini incelemek için oluşturulan sarsıntılardır. Yani atma tek bir titreşim iken periyodik dalgalar eşit zaman aralıklarında tekrarlanan çok sayıda atmadan oluşur. 146. sayfadaki ilk Fizik İnteraktif linkine giriniz. El, salınım, darbe seçeneklerini kullanarak atmalar ve periyodik dalgalar oluşturunuz bunların aralarındaki farkı daha iyi anlamaya çalışınız. Şimdi yayları kullanarak atma ve periyodik dalga üretebileceğiniz bir etkinlik yapınız.



Görsel 3.38: *Simülasyonda elde edilen ve sağa doğru ilerleyen* ***(a)*** *atma ve* ***(b)*** *periyodik dalga*

ETKİNLİK 3.2 Atma ve Periyodik Dalga Üretmek

Araç ve Gereçler
- sarmal yay

Etkinliğin Amacı

Atma ve periyodik dalgaların nasıl üretildiğini ve özelliklerini karşılaştırmak.

Bunları Yapınız

I. Aşama: Atma oluşturmak

- Laboratuvarınızdan fotoğraftaki gibi bir sarmal yay alınız.
- Karşınıza bir arkadaşınızı alarak bu yayı düz bir zeminde karşılıklı sabit tutarak geriniz.
- Yayı sabit tutan elinizin konumunu bozmadan diğer elinizle yayı bir kez sağa veya sola çekip bırakarak enine bir atma oluşturunuz ve atmanın yaydaki hareketini gözlemleyiniz.

II. Aşama: Periyodik dalga oluşturmak

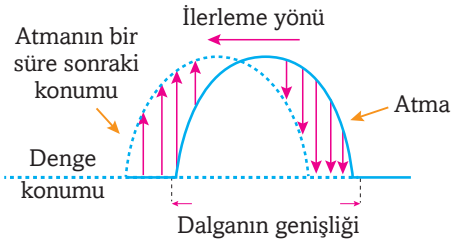
- Arkadaşınız yayın bir ucunu sabit tutarken siz de yayın ucunu sürekli biçimde eşit genlikli olarak sağa-sola hareket ettiriniz ve yayda oluşan dalga hareketini gözlemleyiniz.

Soruları Cevaplayınız

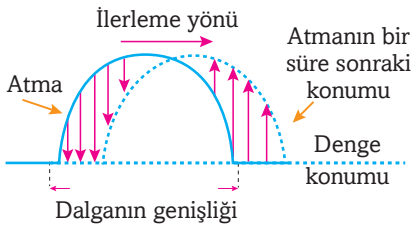
- Atma ve periyodik dalga oluşturmak için yayda ne gibi bir titreşim hareketi oluşturuldu?
- Atma ve periyodik dalganın benzer ve farklı özellikleri nelerdir?

NE ÖĞRENDİNİZ? Atma ve periyodik dalga arasındaki fark nedir?

a)



b)



Görsel 3.39: *İlerleyen bir atma ile yayın hareketi arasındaki ilişki*

Bunları biliyor musunuz?

Dalgalanmakta olan bir bayrak düşününüz. Kumaş üzerindeki noktalar dalga ilerlerken yerlerini korurlar. Örneğin bayraktaki ay ile yıldız arasındaki mesafe veya yıldızın bayrak köşelerine uzaklığı değişmez.

Dalganın Hızı

Dalgaları incelemeye bir sarmal yay üzerindeki atmanın hareketini inceleyerek başlamak kolaylık sağlar. ***Görsel 3.39.a***, sola doğru ilerlemekte olan bir atmanın çok kısa aralıklı iki anını modellemektedir. Bu çizimde ilk durum düz mavi çizgiyle, sonraki durum noktalı mavi çizgiyle çizilmiştir. Bu modelden de görüldüğü gibi ilerleyen atmanın ön bölümündeki noktalar denge konumundan ayrılma, arka bölümündeki noktalar ise denge konumuna dönme eğilimindedir. Eğer atma sağa doğru ilerleseydi okların yönü ***Görsel 3.39.b***'de görüldüğü gibi zıt yönlerde olacaktı. Atmanın hangi yönde ilerlediği bilinirse dalganın herhangi bir anında yayın üzerindeki herhangi bir noktanın hangi yöne doğru hareket edeceğini bulabilirsiniz.

İdeal ve basit yayda oluşturulan bir atma, yay üzerinde bozulmadan sabit hızla ilerler. Bununla birlikte yayın halkaları atmanın hareket doğrultusuna dik olarak hareket eder. Bu bilgiler bütün dalgalar için doğru olmayabilir. Ancak ilk adım için işe yarar bilgilerdir. Bu bilgiler küçük değişiklikler ile başka dalgalara da uygulanabilir.

Sizce bir yayda oluşturulan atmanın ilerleme hızı nelere bağlıdır?

Yapılan araştırmalar yayın gerginliği arttıkça atmaların yayılma hızının arttığını göstermektedir. Yay atmasının (ya da dalgasının) ilerleme hızı yayı geren kuvvetin kareköküyle doğru orantılıdır. Örneğin bir teli geren kuvvet 4 katına çıkarılırsa atmanın yaydaki hızı 2 katına çıkar.

Bununla birlikte atmanın hızı, yayın birim uzunluğunun kütlesinin kareköküyle ters orantılıdır. Yani birim uzunluğundaki kütlesi daha fazla olan ağır (kalın) bir yayda, hafif (ince) bir yaya göre atma daha yavaş ilerler. Boyca yoğunluk (birim uzunluk başına düşen kütle) denen bu özellik, "μ (mü)" sembolü ile gösterilir. μ'nün birimi kg/m'dir. Kısaca bir yayda üretilen atmanın hızı **yaydaki gerilme kuvvetine ve yayın boyca yoğunluğuna** (birim boyun kütlesine) bağlıdır. Yaydaki atma hızının matematiksel bağıntısı aşağıdaki gibidir.

Yaydaki Atmanın Hız Denklemi

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \; ; \; \mu = \frac{m}{\ell}$$

NE ÖĞRENDİNİZ?

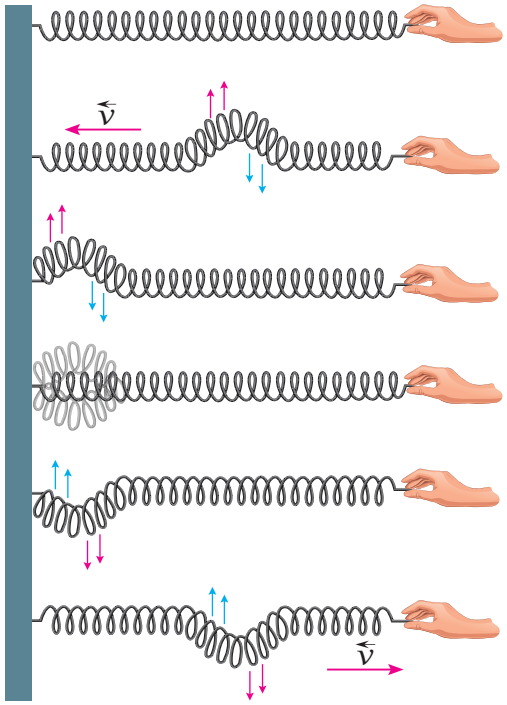
Gergin bir yayda oluşturulan periyodik dalgaların hızı nelere bağlıdır?

Atmaların Yansıması

Yayda ilerlemekte olan bir atma yayın diğer ucuna çarpınca yansır. Bir yayda atma ya da periyodik dalga oluşturulabilmesi için yayın diğer ucu bir yere tutturulmalıdır. Bu uç sabit ya da serbest olabilir. Gelen bir dalganın sabit veya serbest uçtan yansıması farklıdır. 146. sayfadaki ilk Fizik İnteraktif linkine girerek ilgili simülasyonu yapınız. Böylece dalgaların sabit ve serbest uçtan yansımasını daha iyi öğreneceksiniz.

Sabit Uçtan Yansıma

Görsel 3.40, sola doğru ilerlemekte olan bir yayın sabit uçtan yansımasını göstermektedir. Sabit noktaya çarparak geriye doğru yayılan atmaya **yansıyan atma** denir. ***Görsel 3.40***'ta görüldüğü gibi gelen atma sola doğru ilerlemektedir. Bu esnada yayın halkalarını yukarıya doğru hareket ettirir. Sabit uçtan yansıyan atma ise yayın halkalarını aşağıya doğru hareket ettirir. Baş üstü gelen atma sabit uca ulaştığında baş aşağı olacak şekilde yansır. Kısaca gelen atmalar sabit uçtan ters dönerek yansır. Gelen atma ile yansıyan atmanın hızı, genliği ve genişliği aynıdır.



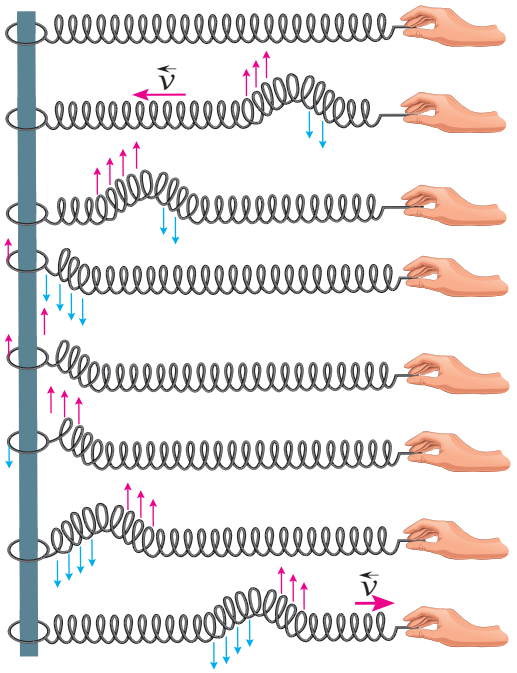
Görsel 3.40: *Sabit uçtan yansıma*

Serbest Uçtan Yansıma

Yayın bir ucunu halkaya bağlayıp bu halkayı da bir çubuğa geçirerek yayın sol ucunun serbestçe hareket edebilmesi sağlanabilir.

Görsel 3.41, sola doğru ilerlemekte olan bir yayın serbest uçtan yansımasını göstermektedir. Baş üstü gelen atma serbest uca ulaştığında yine baş üstü olacak şekilde yansır. Kısaca yay dalgalarında atmalar serbest uçtan geldikleri gibi yansırlar, ters dönmezler. Bu yansımada da gelen atma ile yansıyan atmanın hızı, genliği ve genişliği aynıdır.

Şimdi yanda verilen Fizik İnteraktif bölümündeki simülasyonları yapınız. Bu simülasyonlarda butonları kullanarak sabit ve serbest ucu ayarlayabilirsiniz. Böylece atmaların sabit ve serbest uçtan yansıma durumlarını inceleyebilirsiniz.



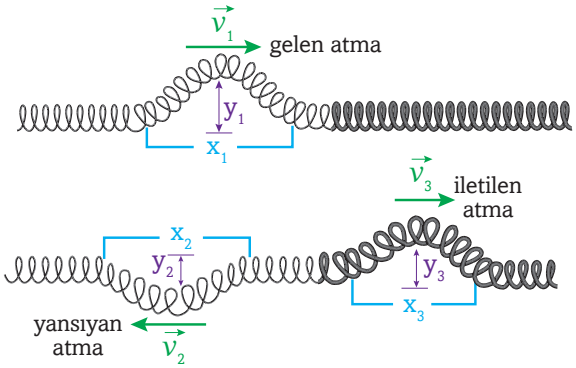
Görsel 3.41: *Serbest uçtan yansıma*

Atmaların İletilmesi

Birbirine bağlanmış farklı ağırlıktaki (farklı kalınlıktaki) yayların birinden diğerine gönderilen atmaların sınırdaki davranışları nasıl olur? Cevap hem iletilir hem yansır olacaktır. Ancak iletilme ve yansıma iki yayın özelliklerine göre değişiklik gösterir.

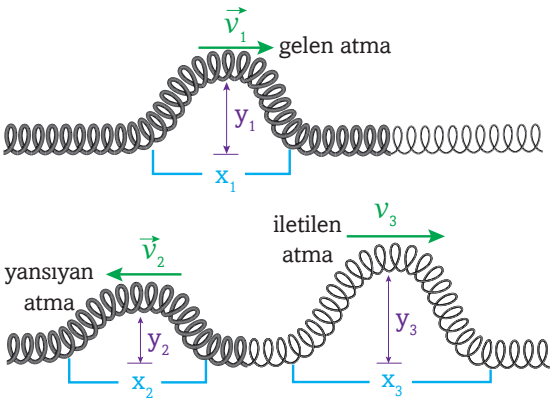
Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/1IzkgwY



Genlikler: $y_1 > y_2$ ve $y_1 > y_3$
Hız büyüklükleri: $v_1 = v_2 > v_3$
Genişlikler: $x_1 = x_2 > x_3$

Görsel 3.42: *Hafif yaydan ağır yaya geçişte gelen atmanın iletilmesi ve yansıması*



Genlikler: $y_3 > y_1 > y_2$
Hız büyüklükleri: $v_1 = v_2 < v_3$
Genişlikler: $x_1 = x_2 < x_3$

Görsel 3.43: *Ağır yaydan hafif yaya geçişte gelen atmanın iletilmesi ve yansıması*

Farklı ağırlıktaki yaylar farklı ortamlardır. Dolayısıyla yaylardaki atmaların sınırdaki davranışlarını öğrenirseniz, farklı ortamlara geçen su veya ses dalgalarının nasıl davranacaklarını daha kolay anlarsınız.

Hafif Yaydan Ağır Yaya Geçiş

Bir atmanın ***Görsel 3.42***'de görüldüğü gibi hafif yaydan ağır yaya doğru bir doğrultuda gönderildiğini düşününüz. Atma ağır yayla karşılaştığı anda atmanın bir kısmı düz iletilirken bir kısmı ters dönerek yansır. Sınırın hafif yay için sabit uç görevi gördüğünü fark ettiniz mi? Hafif yaydan ağır yaya geçen atmalar için:

- Atmanın bir kısmı geri yansırken bir kısmı ağır yaya geçer.
- Yansıyan atmanın sürati gelen atmanın süratine eşittir. Ancak iletilen atmanın sürati gelen ve yansıyan atmanın süratinden küçüktür.
- Yansıyan atma gelen atma ile zıt yönlüyken iletilen atma, gelen atma ile aynı yönlüdür.
- İletilen ve yansıyan atmaların genlikleri gelen atmanın genliğinden küçüktür.

Ağır Yaydan Hafif Yaya Geçiş

Bir atmanın ***Görsel 3.43***'te görüldüğü gibi ağır yaydan hafif yaya doğru gönderildiğini düşününüz. Atma hafif yayla karşılaştığı anda atmanın bir kısmı düz iletilirken bir kısmı da düz yansır. Sınırın kalın yay için serbest uç görevi gördüğünü fark ettiniz mi?

Ağır yaydan hafif yaya geçen atmalar için:

- Atmanın bir kısmı geri yansırken bir kısmı ağır yaya geçer.
- Yansıyan atmanın sürati gelen atmanın süratine eşittir. Ancak iletilen atmanın sürati gelen ve yansıyan atmanın süratinden büyüktür.
- İletilen atma gelen atma ile aynı yönlüdür. Yansıyan atma da gelen atma ile zıt yönlüdür.
- İletilen atmanın genliği gelen ve yansıyan atmanın genliğinden büyüktür. Ayrıca gelen atmanın genliği de yansıyan atmanın genliğinden büyüktür.

NE ÖĞRENDİNİZ? Yaydaki bir atma başka bir ortamın sınırına ulaştığında ne olur?

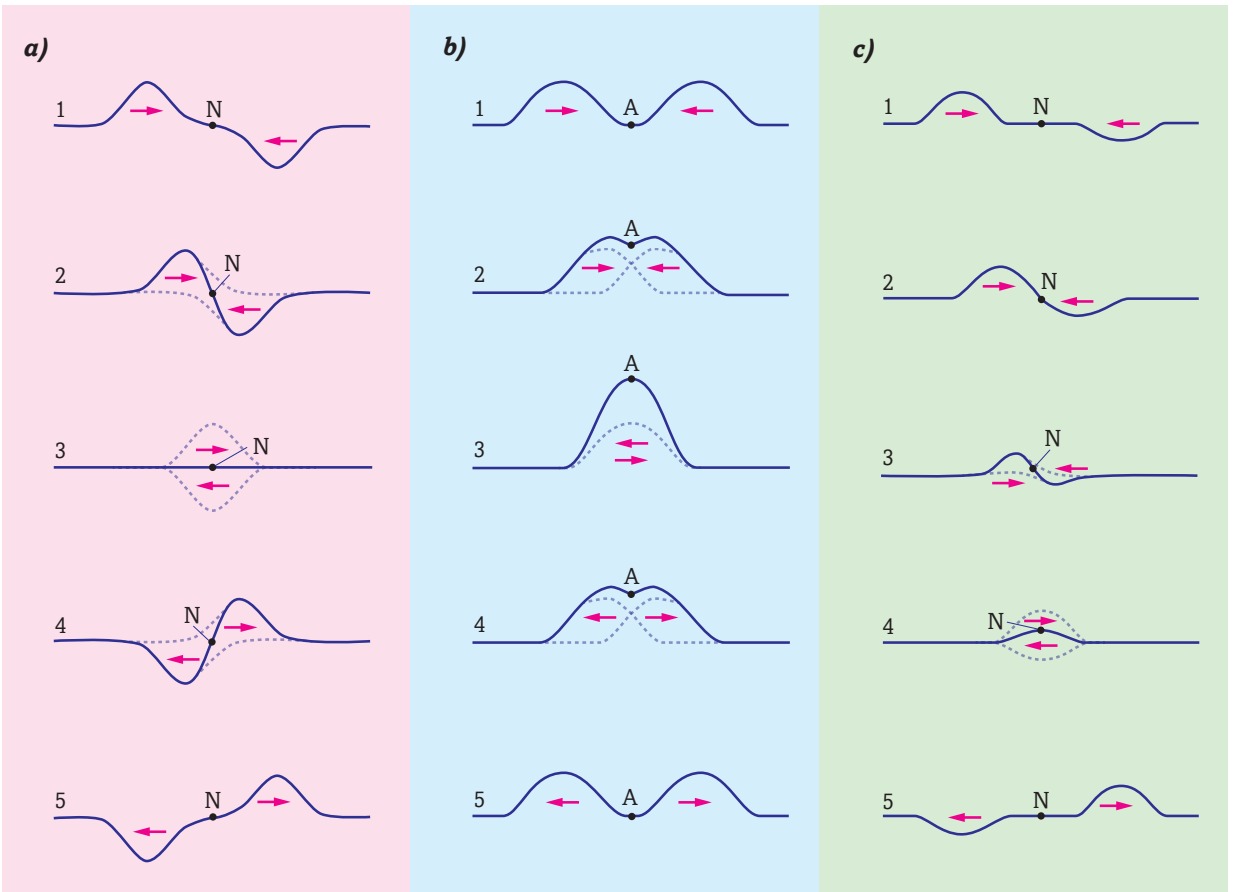
İki Atma Karşılaşırsa Ne Olur?

Yay üzerinde birbirine doğru gelen iki atmanın karşılaştığını düşününüz. Sizce ne olur? Bu sorunun cevabı, atmaların karşılaşma şekillerine göre farklı olur. İlki her iki atmanın baş üstü ya da baş aşağı karşılaştığı durumdur. İkincisi ise atmalardan biri baş üstü gelirken diğerinin baş aşağı geldiği durumdur.

Dalgalar birbirleriyle karşılaştıklarında aynı anda, aynı yerde iki dalga bulunuyor demektir. Her dalga, ortamı bağımsız olarak etkiler. Dalgalar tamamen veya kısmen birbirlerini örttüklerinde bileşke dalga, dalgaların yer değiştirmelerinin cebirsel toplamına eşit olur. Başka bir deyişle iki veya daha fazla dalga yeni bir dalga oluşturmak için birleşebilir. Bu esnada gelen dalgaların genliklerine bağlı olarak daha küçük veya daha büyük genlikli yeni bir dalga meydana gelir. Hatta sönümlenme oluşabilir. Bu olaya **dalgaların girişimi** denir. Girişim olayı yapıcı veya yıkıcı olabilir. Bu olayı daha iyi anlayabilmek için ***Görsel 3.44***'ü ve Fizik İnteraktif linkindeki simülasyonu inceleyiniz.

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/3rOgKvW

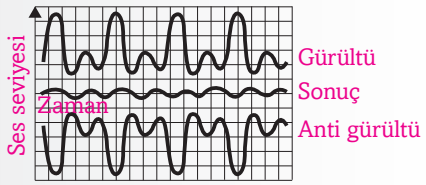


Görsel 3.44: a) *İki eşit atma üst üste geldiğinde ortamın hiç hareket etmeyen ve düğüm denilen bir (N) noktası vardır.* ***b)*** *İki eşit atma üst üste geldiğinde yapıcı girişim sonucu maksimum genlikli bir dalga meydana gelir.* ***c)*** *Farklı genlikli zıt atmaların girişimi küçük genlikli bir atmayla sonuçlanır.*

Bunları biliyor musunuz?

Uçak gürültüsü, pilotların kulak sağlıklarını olumsuz etkilemekte, birbirleriyle ya da kuleyle iletişiminde sorunlara neden olmaktadır. Günümüzde gürültüyü azaltmak için dalgaların yıkıcı girişimi ilkesi kullanılarak özel kulak koruyucular geliştirilmiştir. Bu kulak koruyucular istenmeyen gürültüyü azaltmak için rahatsızlık veren gürültünün eşit fakat ters çevrilmiş bir kopyasını üretir.

Aşağıdaki grafik, gürültü ve anti gürültü dalgalarını göstermektedir. Sonuçta gürültü yok olur.

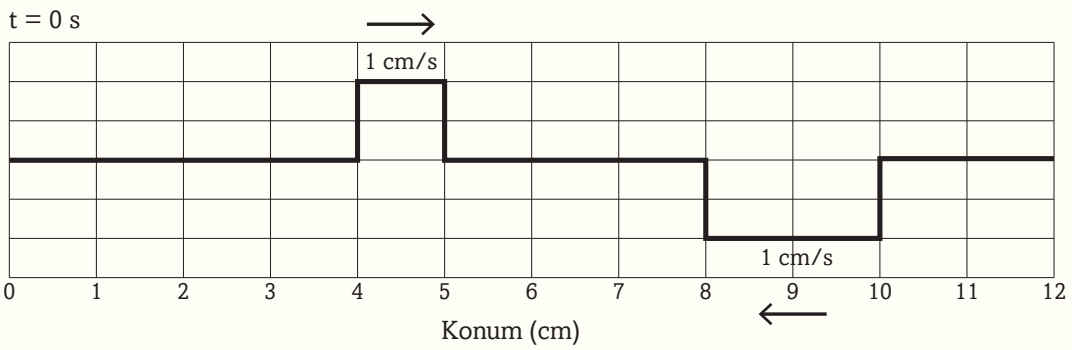


Görsel 3.44.a'da eşit genlikte fakat birbirlerine göre ters olan iki atmanın girişimi görülmektedir. Girişim bölgesindeki her noktada dalgalar ortamın yer değiştirmesini azaltır ve yıkıcı girişime neden olur. Atmalar tam üst üste geldiğinde yer değiştirme sıfır olur. Bu esnada dalgaların birbirlerini tamamen söndürdükleri dikkatinizi çekti mi? Bu esnada yayda hiç atma yokmuş gibi görünür.

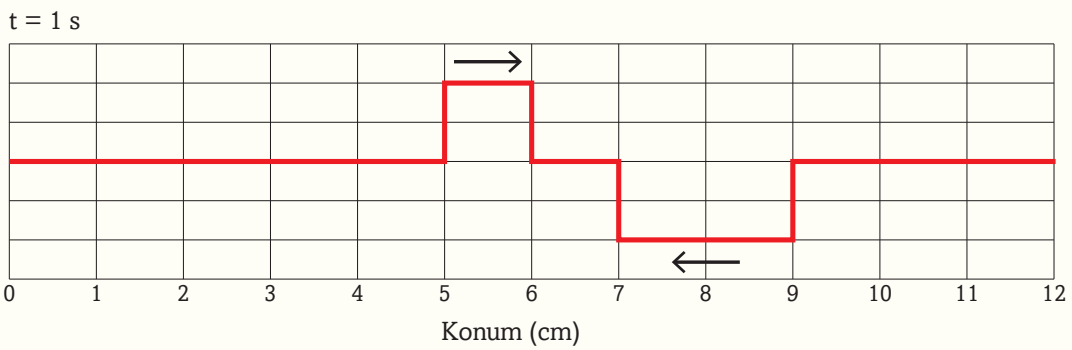
Atmaların yer değiştirmeleri aynı yönde ise yapıcı girişim oluşur. ***Görsel 3.44.b***, birbirine doğru gelen aynı yönlü ve eşit genlikli iki atmanın yapıcı girişimini göstermektedir. İki dalganın birleştiği A noktasında daha büyük bir atma oluşmaktadır. A noktası en büyük yer değiştirmeye sahiptir. Hareketin devamında iki atma şekillerini veya boyutlarını değiştirmeden birbirinin içinden geçer. ***Görsel 3.44.c***'de farklı genlikte ve birbirlerine göre ters olan iki atmanın girişimi görülmektedir. Atmalar tam üst üste geldiğinde toplam yer değiştirme iki atmanın genliklerinin cebirsel toplamı kadar olur.

ÖRNEK PROBLEM

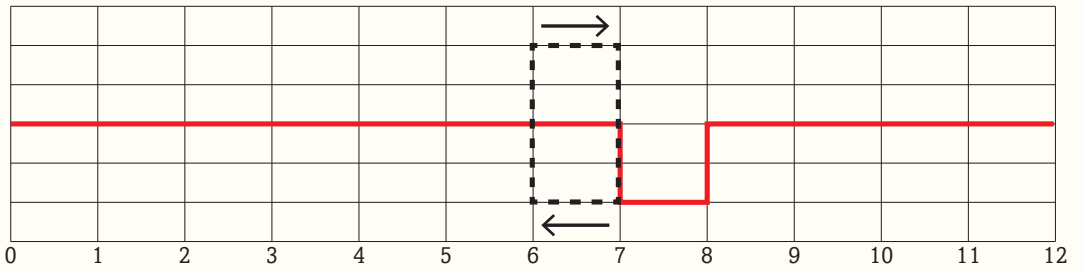
Aşağıdaki çizim, bir yayda 1 cm/s sabit hızla ilerlemekte olan iki atmanın 0. saniyedeki konumunu göstermektedir. Bu yayın 1, 2 ve 3. saniyelerdeki konumunu çiziniz.



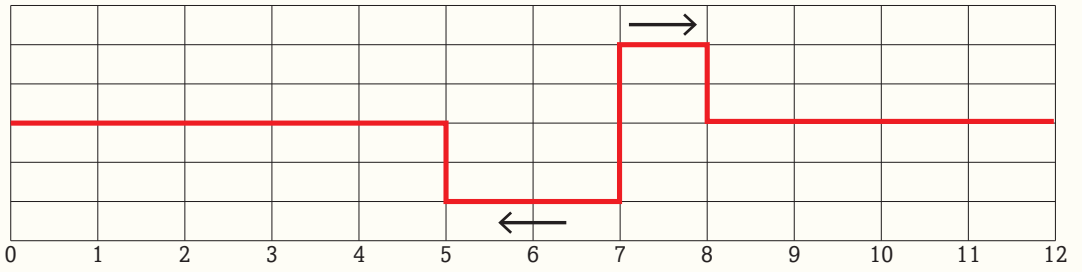
ÇÖZÜM



t = 2 s



t = 3 s



BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- Kendi cümlelerinizle **atma, periyodik dalga, yansıma, iletilme** kavramlarını tanımlayınız.
- **Yapıcı girişim, yıkıcı girişim** ve **genlik** terimleriyle birer cümle kurunuz.

UYGULAMA

5. Sabit uzunlukta bir yayda atma oluşturulmaktadır.

a) Bu atmaların yaydaki ilerleme hızı değişebilir mi? Açıklayınız.

b) Atmaların yaydaki frekansı değişebilir mi? Açıklayınız.

6. Birbirine doğru gelen iki atma birbirleriyle karşılaştığında hiç atma yokmuş gibi görünüyor. Gelen atmalar hangi özelliktedir?

AÇIKLAYINIZ

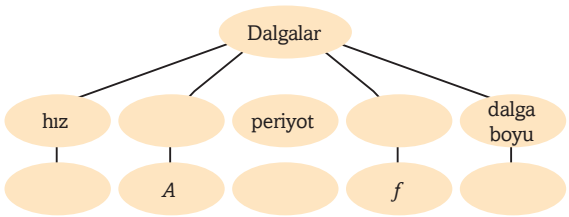
1. Sert bir duvardan yansıyan bir yay atmasının gelen atmadan farkı nedir?

2. Bir yayın bir ucunu yan yana sallayarak enine bir dalga oluşturduğunuzu düşününüz. Elinizin frekansı ile yayda oluşan dalganın frekansı arasında nasıl bir ilişki vardır?

3. Bir dalga, aşağıdaki görselde görüldüğü gibi ince ve kalın bir halat arasındaki sınırı geçtiğinde dalga boyu ve hızı değişirken dalganın frekansı değişmez. Frekansın neden değişmediğini açıklayınız.

4. Aşağıdaki terimleri ve sembolleri kullanarak kavram haritasını tamamlayınız

genlik, frekans, v, λ, T.



3.3. SU DALGASI

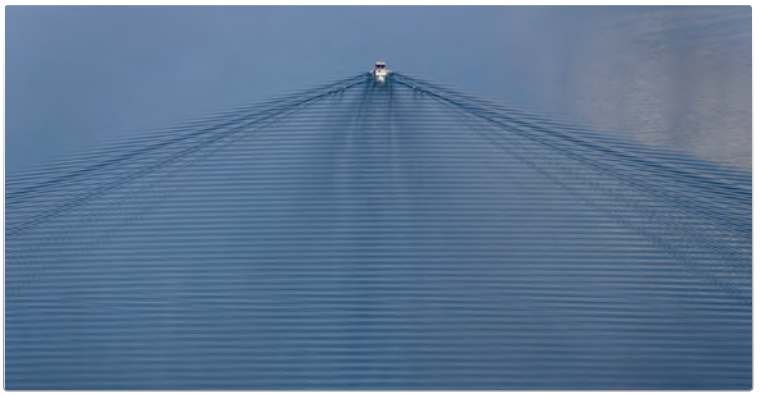
- İki Boyutta Dalgalar: Su Dalgaları
- Dalgaların Yansıması
- Ortam Derinliğinin Su Dalgalarının Yayılma Hızına Etkisi
- Doğrusal Su Dalgalarında Kırılma

Anahtar Kavramlar

- dalga tepesi
- dalga çukuru
- odak noktası
- merkez
- stroboskop

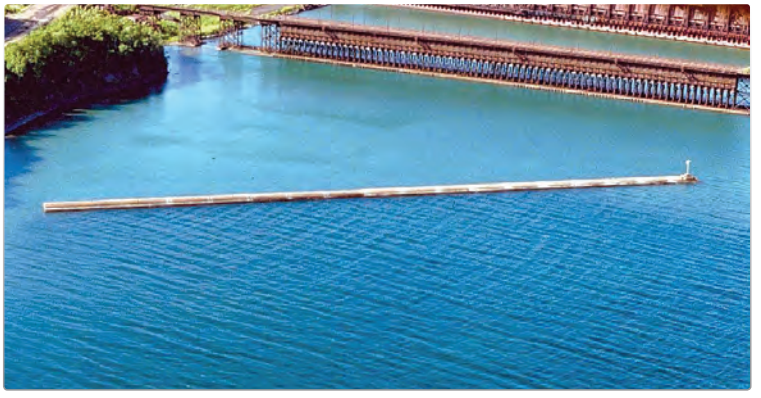
Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Dalgaların ilerleme yönü, dalga tepesi ve dalga çukuru kavramlarını açıklayabileceksiniz.
- Doğrusal ve dairesel su dalgalarının yansıma hareketlerini analiz edebileceksiniz.
- Ortam derinliği ile su dalgalarının yayılma hızını ilişkilendirebileceksiniz.
- Doğrusal su dalgalarının kırılma hareketini analiz edebileceksiniz.



Görsel 3.45: *Evinizdeki bir leğene su doldurarak fotoğraftaki gibi doğrusal bir dalga elde edebilir misiniz? Fotoğrafta görülen dalgaların dalga tepesini, dalga çukurunu ve ilerleme yönünü gösterebilir misiniz?*

Görsel 3.46: *Sahile yaklaştıkça denizdeki dalgaların dalga boyları azalır. Sizce bunun sebebi nedir?*



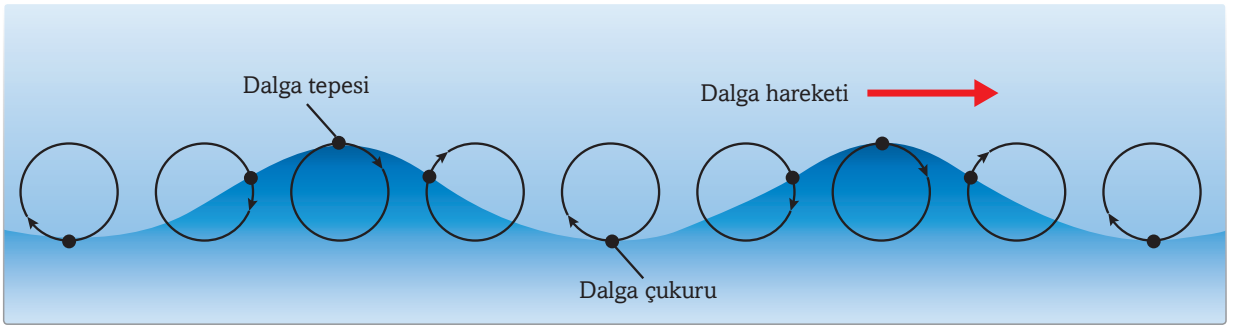
Görsel 3.47: *Şekilde doğrusal bir dalganın doğrusal bir engelde yansıması görülmektedir. Acaba dairesel bir dalga doğrusal bir engele çarparsa nasıl davranır?*

İki Boyutta Dalgalar: Su Dalgaları

Bundan önceki bölümde yay dalgalarının özelliklerini, sabit ve serbest uçlardan yansımasını öğrendiniz. Bununla birlikte yaydaki atmaların genliklerinin yapıcı veya yıkıcı girişim sonucu nasıl değiştiğini incelediniz. Mekanik dalgalar sınıfında olan yay dalgaları sadece tek boyutta hareket eder. Su yüzeyinde oluşan dalgalar ise iki boyutta hareket eder.

Su dalgaları yüzey dalgalarıdır. Bunun anlamı su yüzeyinde yayılmaları ve derinlere inmemeleridir. Fırtınalı bir günde bir gemi su dalgalarından etkilenir ve tehlike yaşayabilir ***(Görsel 3.48)***. Ancak su altındaki bir denizaltı su yüzeyindeki dalgalardan etkilenmeden yoluna devam eder. ***Görsel 3.49***'da suda oluşturulan bir dalganın yandan kesiti görülmektedir. Görselde görüldüğü gibi dalgaların yüksek kısımlarına dalga tepesi, alçak kısımlarına da dalga çukuru dendiğini daha önce öğrendiniz.

Görsel 3.48: *Gemi kaptanları fırtınalı bir denizden korkarlar. Çünkü dalgalar gemiyi etkiler. Ancak bir denizaltı kaptanı korkmaz. Çünkü denizaltı dalarak üstteki yüzey dalgalarından etkilenmez.*



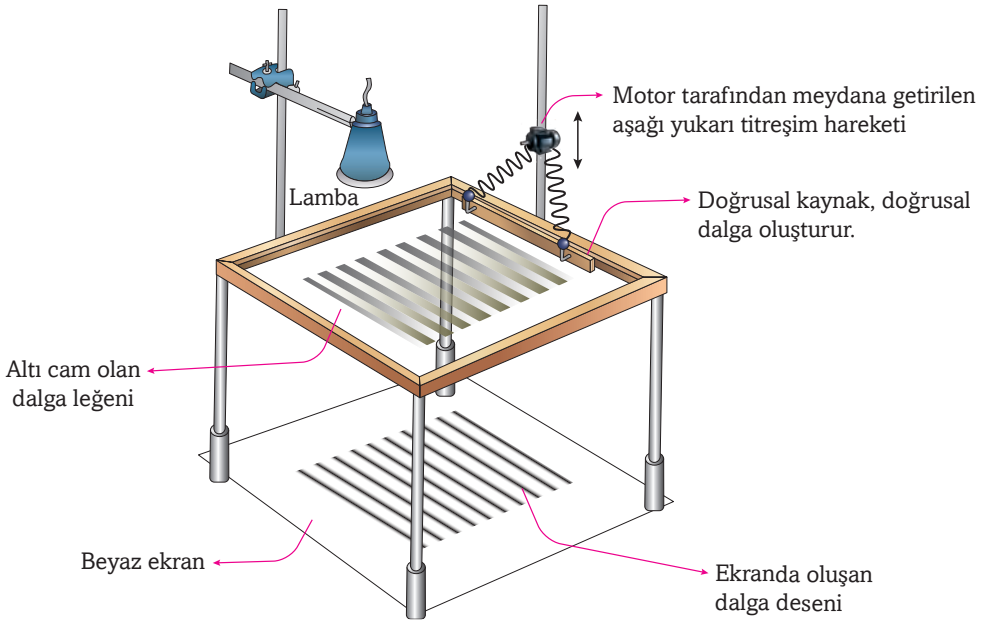
Görsel 3.49: *Su dalgalarının yandan görünüşü*

Su dalgaları hem enine hem de boyuna dalgaların özelliklerine sahip yüzey dalgalarıdır. Çünkü su dalgaları ilerledikçe su tanecikleri yukarı ve aşağı hareket ederken dalganın hareket ettiği yöne doğru kısa mesafeli ileri-geri hareketi de yapar. Bu hareket dalganın çukur kısmının dalganın tepe kısmına doğru ileri-geri itilmesiyle gerçekleşir. Yukarı-aşağı ve ileri-geri hareketinin bileşkesi sonucu su tanecikleri ***Görsel 3.49***'da görüldüğü gibi dairesel şekilde hareket eder. Dolayısıyla her bir dalga, hem enine hem de boyuna dalgaların özelliklerine sahip bir yüzey dalgasıdır.

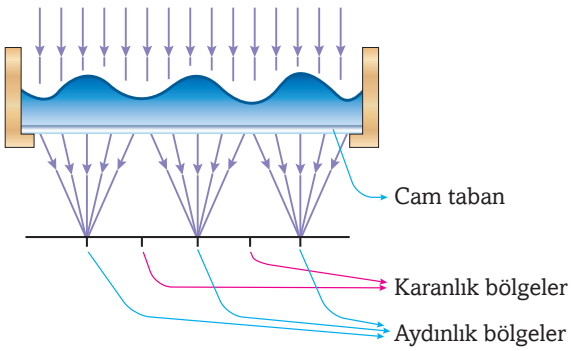
Laboratuvarda su dalgalarını incelemek için dalga leğeni denen bir düzenek kullanılır ***(Görsel 3.50)***. Bu leğenin tabanı cam olduğundan su dalgalarının görüntüleri şekilde de görüldüğü gibi en alttaki ekran (beyaz kâğıt) üzerine düşürülebilir.

Bunları biliyor musunuz?

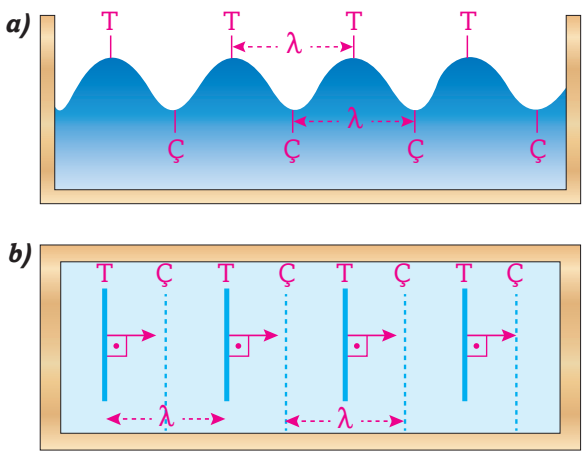
Denizdeki dalgalar çoğunlukla deniz yüzeyindeki rüzgârlardan meydana gelir. Rüzgâr deniz yüzeyine çarptığında hareketli hava ve su arasındaki sürtünme suyun hareket etmesine sebep olur. Rüzgâr farklı hızlarda eserken hızındaki değişim bir titreşim oluşturur. Oluşan dalgaların büyüklüğü rüzgâr hızına, rüzgârın suya çarpma şiddetine ve rüzgârın ne kadar uzun sürdüğüne bağlıdır.



Görsel 3.50: *Bir dalga leğeninin şematik gösterimi*



Görsel 3.51: *Dalga tepeleri, gelen ışık demetlerini topladıkları için parlak görülür.*



Görsel 3.52: a) *Bir su dalgasında ardışık iki tepe veya çukur arası uzaklık dalga boyunu verir.* ***b)*** *Dalga deseninde ardışık iki aydınlık ya da iki karanlık çizgi arasındaki uzaklık dalga boyunu verir.*

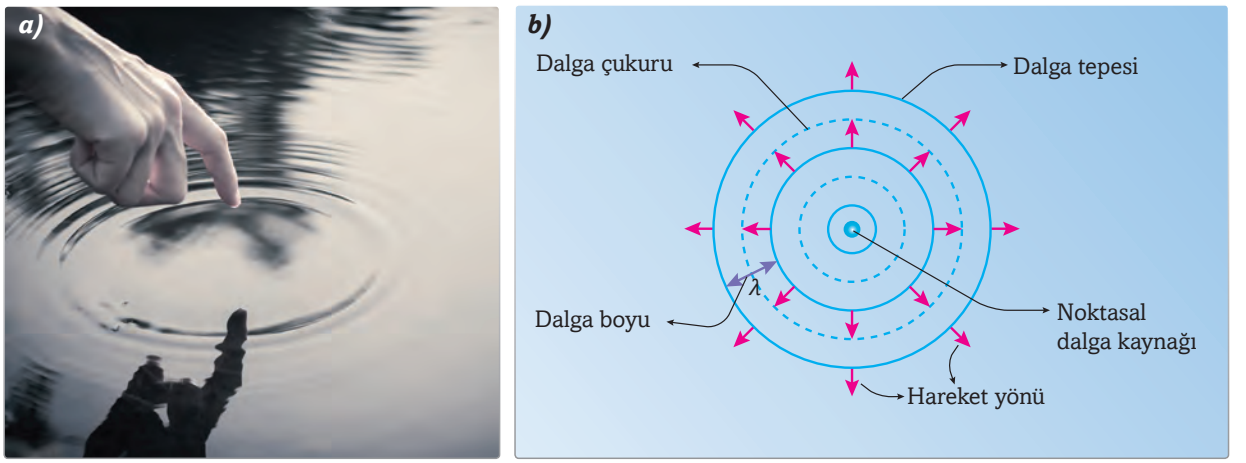
Görsel 3.50'de de görüldüğü gibi en üstte bulunan lambadan gelen ışık demeti su dalgaları üzerine düşer. Bu ışık yakınsak mercek gibi davranan dalga tepeleri tarafından toplanırken ıraksak mercek gibi davranan dalga çukurları tarafından açılır. Böylece ekran üzerinde dalga tepelerinin görüntüleri parlak, dalga çukurlarının görüntüleri karanlık şeritler şeklinde görülür.

Doğrusal ve Dairesel Atmalar

Bir dalga leğenindeki suya uzun bir cetvel daldırıp çıkarmak suretiyle ***Görsel 3.52***'deki gibi doğrusal dalgalar oluşturabilirsiniz. Böyle bir dalgada ardışık iki tepe veya ardışık iki çukur arasındaki uzaklık, dalga boyunu verdiğine göre ekran üzerindeki ardışık aydınlık çizgiler veya ardışık karanlık çizgiler arası uzaklık da dalga boyunu verir ***(Görsel 3.52)***.

Doğrusal bir atmanın tepe noktası, dalganın başlangıç noktasını gösteren doğruya paralel kalacak şekilde hareket eder. Doğrusal bir dalganın yayılma doğrultusu küçük bir okla gösterilebilir. Bu doğrultuya **dalga tepesinin normali** denir. ***Görsel 3.52***'de bir atmanın tepesi kalın bir çizgiyle, aynı atmanın bir müddet sonraki konumu kesik çizgiyle ve yayılma yönü kırmızı okla gösterilmiştir. Görselde doğrusal dalganın bir süre sonraki durumunun öncekine paralel olduğu da görülmektedir.

Derinliği değişmeyen bir dalga leğeninde atmanın hızı sabittir. Bu sebeple atmayı gösteren çizgiler arasındaki mesafe hep aynıdır. Parmağınızı suya batırıp sudan çıkarırsanız iç içe halkalar şeklinde yayılan dairesel dalgalar meydana getirebilirsiniz. ***Görsel 3.53***, böyle bir atmanın iki ayrı andaki hâlini göstermektedir. Her yerinde aynı derinlikte olan bir dalga leğeninde dalgaların bütün noktalarındaki hızları aynı olduğundan dairelerin şekli bozulmaz. Dairesel dalgalar her yönde yayıldıklarından bütün bir halkanın yayılması tek bir okla gösterilemez. Bu noktaların hareketi daima yarıçap doğrultusundadır.



Görsel 3.53: a) *Dalga leğeninde oluşturulan bir dairesel dalga* ***b)*** *Dairesel dalgaların yayılma yönünün şematik gösterimi*

Dalgaların Yansıması

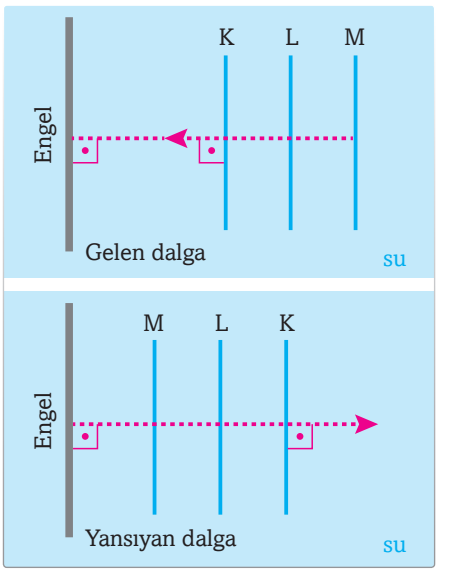
Doğrusal Su Dalgalarında Yansıma

Önceki bölümde yay dalgalarının sabit ve serbest uçtan yansımasını öğrendiniz. Öğrendiğiniz bilgilerden yola çıkarak su dalgalarının bir engelden nasıl yansıyacağı hakkında fikirlerde bulunabilir misiniz?

Dalga leğeninde doğrusal bir dalga oluşturduğunuzu ve bu leğeninin ortasına da bu dalgaya paralel olacak şekilde tahta takozdan doğrusal bir engel koyduğunuzu farz ediniz. ***Görsel 3.54***'te görüldüğü gibi bu engele çarpan doğrusal dalga yansır ve geldiği doğrultuda geri döner. Peki,

- Engel atmaya paralel olmasa nasıl bir yansıma gerçekleşir?
- Farklı geometrik şekilde bir engel olsa nasıl bir yansıma gerçekleşir?

Şimdi bu ve benzeri sorulara cevap bulurken su dalgalarındaki yansıma olayını daha iyi anlamanızı sağlayacak 3.3 etkinliğini yapınız.



Görsel 3.54: *Doğrusal su dalgaları, kendisine paralel olan düz bir engel ile karşılaşırsa yine engele paralel olacak şekilde yansır. K dalgası engele önce geldiği için engelden ilk o yansır. En geriden gelen M dalgası ise en son yansır.*

ETKİNLİK 3.3

Doğrusal Dalgalarda Yansıma

Araç ve Gereçler

- dalga leğeni takımı
- düz ve parabolik engeller
- dalga söndürücü
- 50 x 50 cm boyutlarında beyaz kâğıt
- 30 cm'lik cetvel
- su
- açı ölçer

Etkinliğin Amacı

Doğrusal su dalgalarının engelden yansımasını incelemek.

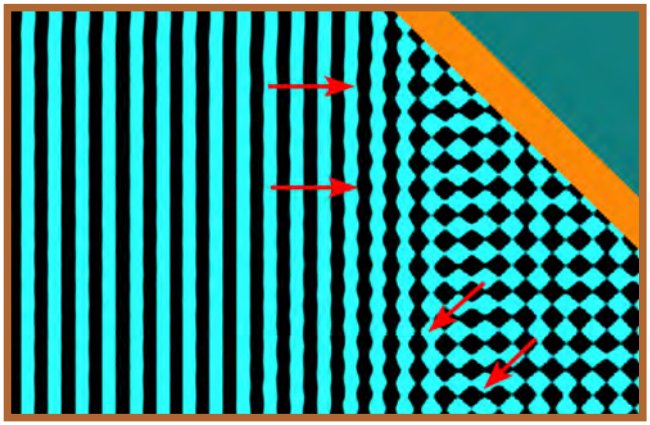
Bunları Yapınız

- Dalga leğeni düzeneğini kurunuz.
- İstenmeyen yansımaları engellemek için leğenin kenarlarına dalga söndürücüleri yerleştiriniz.
- Dalga leğenini 1-2 cm derinliğinde olacak şekilde su ile doldurunuz.
- Ekran vazifesini görmesi için 50 cm x 50 cm boyutlarındaki kâğıdı dalga leğeninin altına seriniz.

- Düz engeli dalga leğeninin kenarına yakın bir yere koyunuz. Bu engele paralel olacak şekilde doğrusal dalgalar gönderiniz. Daha sonra engelin konumunu değiştirerek doğrusal dalgaların düz engele belli açılar ile gelmesini sağlayınız. Açıyı değiştirmek için düz engeli farklı konumlarda koyunuz.
- Dalga leğeninin altındaki ekrana bakarak dalgaların düzlem engelden nasıl yansıdığını gözlemleyiniz.
- Düzlem engeli kaldırarak yerine çukur engel koyunuz. Bu engele yayılma doğrultusu yarıçap vektörü doğrultusunda doğrusal dalgalar gönderiniz ve yansımasını gözlemleyiniz.
- Daha sonra çukur engeli kaldırarak yerine tümsek engel koyunuz. Bu engele yarıçap vektörü doğrultusunda doğrusal dalgalar gönderiniz ve yansımasını gözlemleyiniz.

Soruları Cevaplayınız

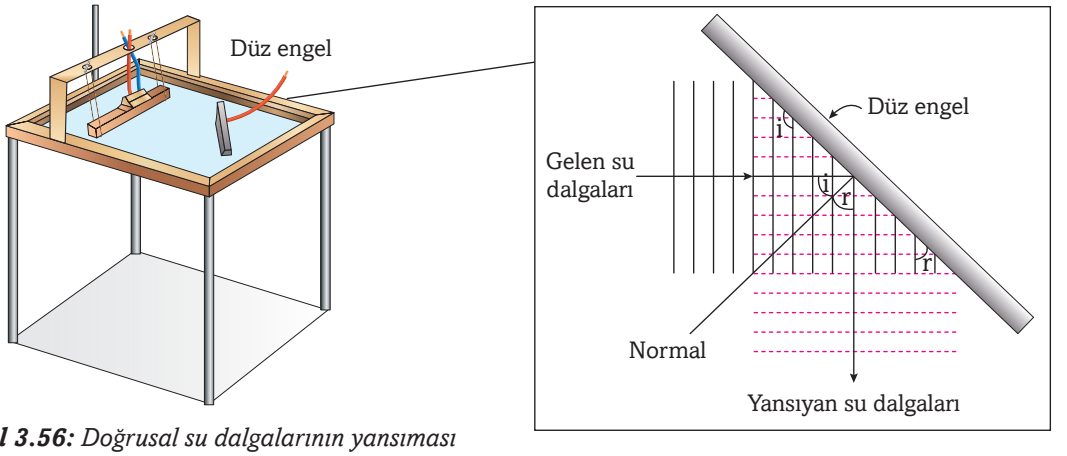
- Doğrusal dalgalar düzlem engelden nasıl yansımıştır? Defterinize çiziniz.
- Doğrusal dalgaların düzlem engele gelme ve yansıma açıları arasında nasıl bir ilişki vardır? Açıklayınız.
- Doğrusal dalgaların çukur ve tümsek engellerden yansımasını şekil çizerek gösteriniz.



Görsel 3.55: *Düz bir engele belli bir açıyla gelen doğrusal su dalgasının yansıması*

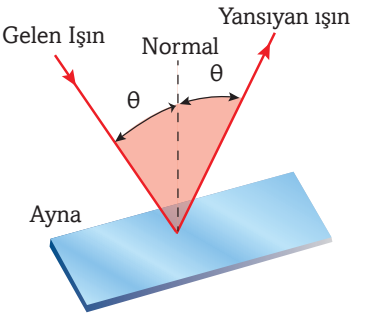
Etkinlikte doğrusal su dalgalarının çeşitli geometrik şekildeki engellerden nasıl yansıdığını gözlemlediniz. ***Görsel 3.55***, düz engele dik olmayacak biçimde belli bir açıyla gelen doğrusal su dalgasının bu engelden nasıl yansıdığını göstermektedir. Eğer doğrusal dalgalar normal ile belli bir açı yaparak düz bir yüzeye gelirse gelme açısına eşit bir yansıma açısıyla yansıdığı görülür.

Görsel 3.56'da doğrusal dalgaların bir engelden yansıması modellenmiştir. İnceleyiniz.



Görsel 3.56: *Doğrusal su dalgalarının yansıması*

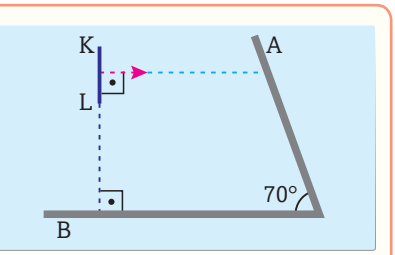
Dalga leğenindeki doğrusal blok, motor sayesinde titreşerek suda sabit frekanslı doğrusal dalga üretir. Titreşimli paneller dalga darbeleri üretir. Dalgalar düz bir engele doğru ilerler. Gelen dalga sağa doğru ilerlerken engelden yansıyan dalga aşağıya doğru ilerler. Gelen dalganın engelle yaptığı açıya i, yansıyan dalganın engelle yaptığı açıya r denir. i açısı r açısına eşittir. Deney farklı i açıları ile tekrarlanırsa her zaman i = r bulunur. Bu sonuç aynalarda ışığın yansımasını ifade eden kanuna benzerdir. Aynalarda gelme açısının yansıma açısına eşit olduğunu ortaokul yıllarında öğrendiniz. Yayılma yönünün dalga yüzüne dik olduğunu hatırlayarak su dalgalarında i gelme açısıyla r yansıma açısını aynı şekilde tanımlayabilirsiniz.



Görsel 3.57: *Su dalgalarının düz bir engelden yansıması, ışığın bir engelden yansımasına benzer.*

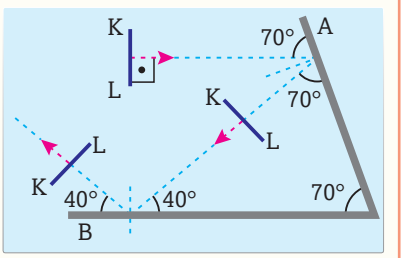
ÖRNEK PROBLEM

Derinliği değişmeyen bir dalga leğeninde aralarında 70° açı olacak şekilde kesişen düz engellerden birine şekildeki gibi gönderilen doğrusal su dalgasının B engelinden nasıl yansıdığını çizerek gösteriniz.



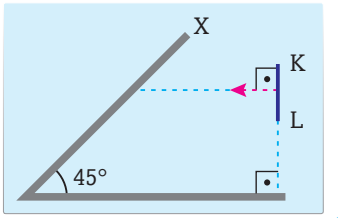
ÇÖZÜM

Gelen dalga engelden gelme açısına eşit açıyla yansır. Bu prensibe göre çizim yapılırsa dalganın B engelinden yansıması yandaki gibi olur.

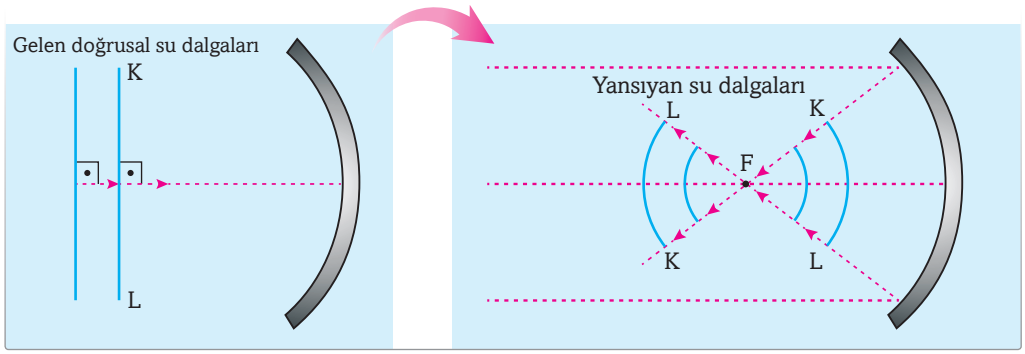


ALIŞTIRMA

Derinliği değişmeyen bir dalga leğeninde aralarında 45° açı olacak şekilde kesişen engellerle şekildeki düzenek oluşturulmuştur. Bu dalga leğeninde oluşturulan KL doğrusal dalgası şekildeki gibi X engeline doğru ilerlemektedir. Bu dalganın engellerden tümüyle yansıdıktan sonraki hareketini çizerek gösteriniz.

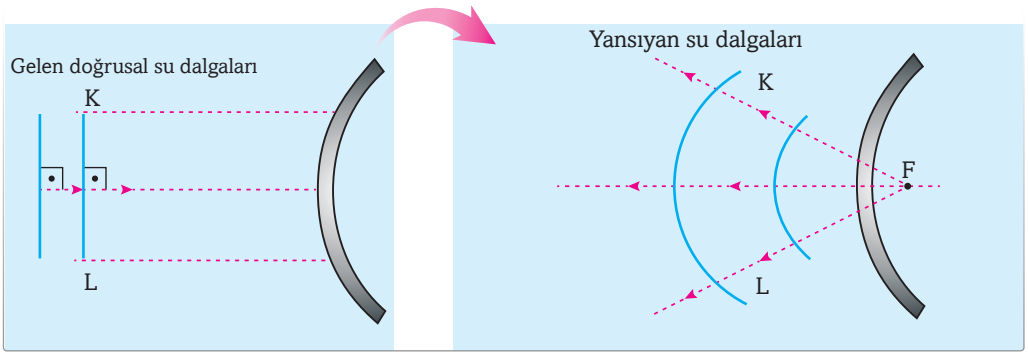


Çukur bir yüzeye gelen doğrusal su dalgaları ***Görsel 3.58***'de görüldüğü gibi bir noktada toplanıp tekrar dağılacak şekilde yansır. Çünkü doğrusal dalganın K ve L uçları ilk önce engele ulaşacağı için önce bu uçlar yansır. Dalganın orta kısmı engele en son ulaşacağından en son yansır. Doğrusal su dalgalarının çukur engelden yansıması, çukur aynaya paralel gelen ışık demetinin yansımasına benzer. Çukur aynaya gönderilen paralel ışık demeti yansıdıktan sonra odak noktasında toplanır.



Görsel 3.58: *Doğrusal su dalgalarının çukur engelden yansıması*

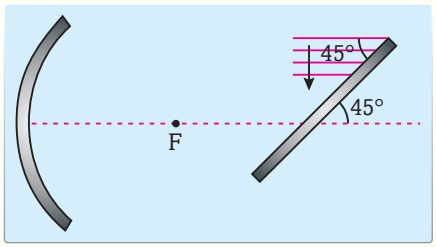
Tümsek bir yüzeye gelen doğrusal su dalgaları ***Görsel 3.59***'da görüldüğü gibi engelin arkasında, engelin odak noktasındaki bir kaynaktan geliyormuş gibi yansır. Çünkü tümsek engele gelen doğrusal dalgaların önce orta kısmı engele çarpar ve yansır. Dalganın K ve L uçları ise engele en son çarpar. Bu nedenle önce dalganın orta kısmı en sonunda da uç kısımlar yansır. Doğrusal dalgalar yansıdıktan sonra engelin arkasındaki engelin odak noktasındaki (F) bir kaynaktan geliyormuş gibi dairesel dalgalar şeklini alır.



Görsel 3.59: *Doğrusal su dalgalarının tümsek engelden yansıması*

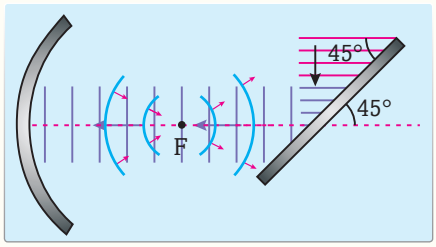
ÖRNEK PROBLEM

Derinliği değişmeyen bir dalga leğeninde üretilen doğrusal dalgalar yandaki şekilde görüldüğü gibi önce düz sonra çukur engelden yansımaktadır. Bu dalgaların parabolik engelden yansıdıktan sonraki şeklini çizim yaparak gösteriniz.



ÇÖZÜM

Doğrusal dalgalar, şekildeki düz engelden yansıdıktan sonra yandaki şekilde gösterildiği gibi çukur engele doğru yönelirler. Çukur engele gelen doğrusal dalgalar ise odakta toplanacak şekilde yansırlar.



Dairesel Su Dalgalarında Yansıma

Doğrusal su dalgalarının düz ve dairesel engellerden yansımasını öğrendiniz. Acaba dairesel dalgaların düz ve çukur engellerden yansıması nasıldır? Öncelikle bir etkinlik yapınız ve bu olayı gözlemleyerek dalgaların özelliklerini anlamaya çalışınız.

ETKİNLİK 3.4

Dairesel Dalgalarda Yansıma

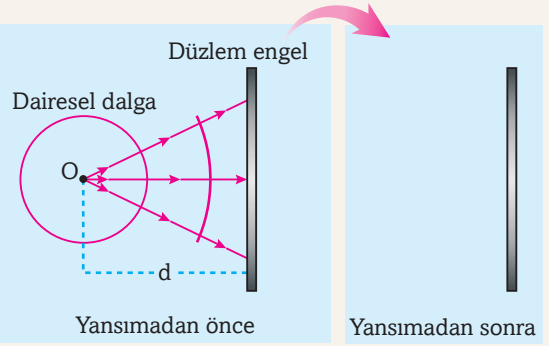
Araç ve Gereçler
- dalga leğeni takımı
- damlalık
- düz ve çukur engel
- 50 x 50 cm boyutlarında beyaz kâğıt
- 30 cm'lik plastik cetvel
- su

Etkinliğin Amacı

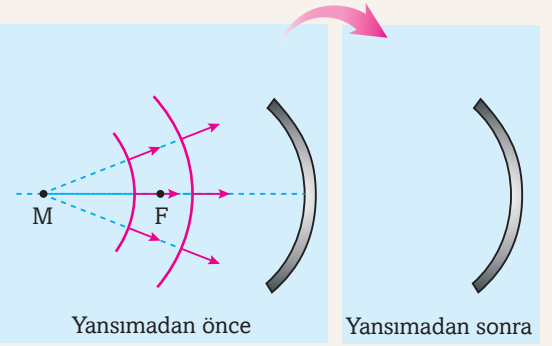
Dairesel su dalgalarının bir engelden yansımasını incelemek.

Bunları Yapınız

- Dalga leğeni düzeneğini kurunuz.
- İstenmeyen yansımaları engellemek için leğenin kenarlarına dalga söndürücüleri yerleştiriniz.
- Dalga leğenini 1-2 cm derinliğinde olacak şekilde su ile doldurunuz.
- Ekran vazifesini görmesi için 50 cm x 50 cm boyutlarındaki kâğıdı dalga leğeninin altına seriniz.
- Dairesel dalgaların düz ve çukur engelden nasıl yansıması gerektiğini tahmin ediniz. Tahminlerinizi aşağıdaki şekillerde renkli kalemle gösteriniz.



Dairesel dalgaların düz engelden yansıması



Engelin merkezinde oluşturulan dalgaların çukur engelden yansıması

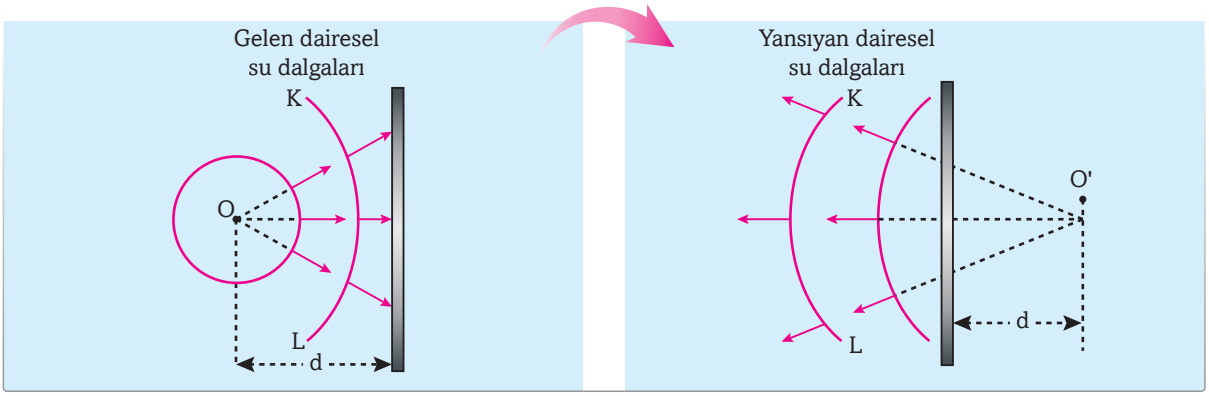
- Damlalık yardımıyla dalga leğenine su damlatarak dairesel dalga üretiniz.
- Ürettiğiniz çukur dalgaları düz engele gönderiniz ve bu engelden dalganın yansımasını ekranda oluşan izdüşümüne bakarak gözlemleyiniz.
- Daha sonra çukur engelin odağında ve merkezinde oluşturduğunuz çukur dalgaları çukur engele gönderiniz ve dalgaların yansımasını ekrandaki izdüşümüne bakarak gözlemleyiniz.

Soruları Cevaplayınız

- Çukur engelin odağından ve merkezinden gönderilen dairesel dalgalar bu engelden nasıl yansıdı? Tahmininiz doğru çıktı mı?
- Düz ve çukur engelden yansıyan su dalgalarının şeklinde, hızında, dalga boyunda ve frekansında bir değişme olur mu? Açıklayınız.

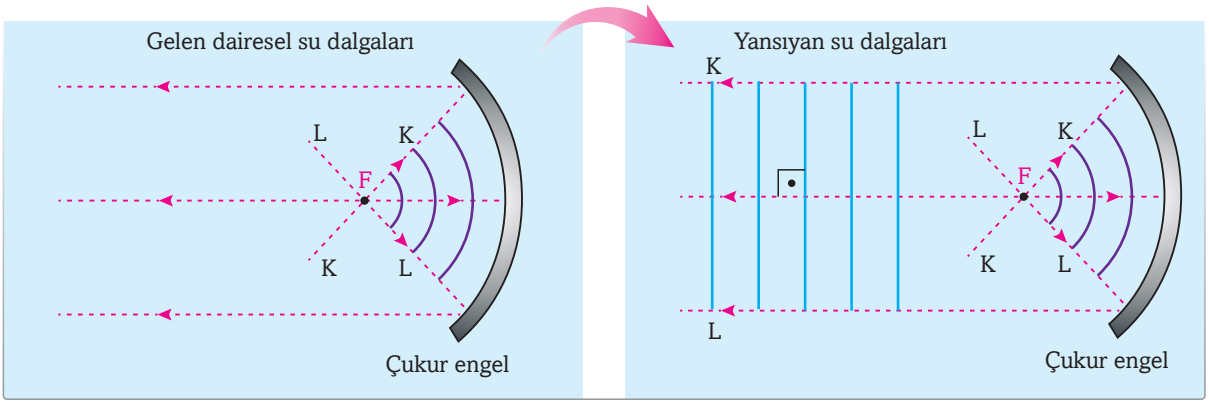
Görsel 3.60: *Dairesel dalganın düz engelden yansıması*

Etkinlikte düz bir engele gönderilen dairesel dalgaların engelden tekrar dairesel şekilde yansıdığını gözlemlediniz ***(Görsel 3.60)***. Engelden yansıyan dalgaya baktığınızda yansıyan kısmın bir daire yayı olduğunu fark ettiniz mi? Bunun sebebi engelden yansıyan dairesel dalganın merkezinin ***Görsel 3.61***'de görüldüğü gibi engelin arkasında olmasıdır. Yansıyan dalganın merkezi olan O' noktasının engele uzaklığı gelen dalganın merkezi durumundaki O noktasının engele uzaklığına eşittir. Yansıyan dalga sanki engelin gerisindeki daire merkezinden geliyormuş gibi yansır. Bu olay, düz aynanın önüne konan noktasal bir ışık kaynağından gelen ışık demetinin yansımasına benzer.



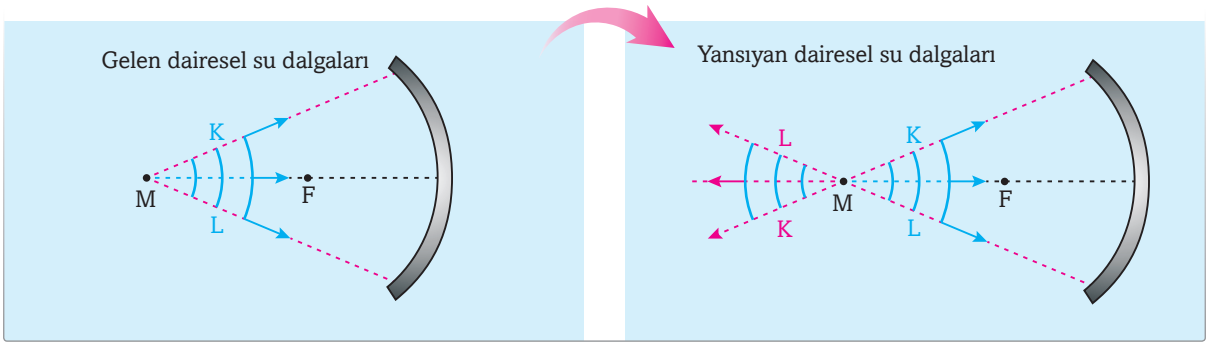
Görsel 3.61: *Dairesel dalganın düz bir engelden yansıması*

Görsel 3.62'de görüldüğü gibi çukur bir engelin odak noktasında bulunan bir dalga kaynağının ürettiği dairesel dalgalar, engelden doğrusal dalga şeklini alarak yansır.



Görsel 3.62: *Çukur engelin odağında olan bir kaynağın ürettiği dairesel dalgaların yansıması*

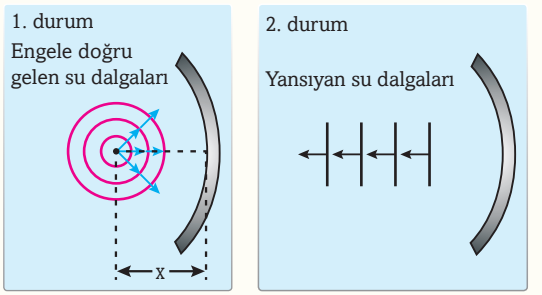
Benzer şekilde dairesel su dalgaları çukur engellerden farklı şekillerde yansır. Örneğin kaynak merkezdeyse dairesel su dalgaları çukur engelden yansıdıktan sonra merkezde toplanacak şekilde yansır ***(Görsel 3.63)***.



Görsel 3.63: *Çukur engelin merkezinde olan bir kaynağın ürettiği dairesel dalgaların yansıması*

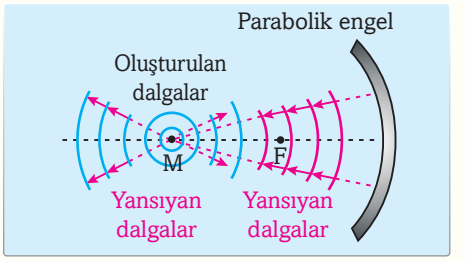
ÖRNEK PROBLEM

Derinliği değişmeyen bir dalga leğeninde şekildeki gibi çukur bir engelin x kadar önünde bulunan bir kaynaktan dairesel dalgalar üretilmektedir. Bu dalgalar çukur engelden 2. şekildeki gibi doğrusal bir dalga şeklinde yansımaktadır. Aynı dalga kaynağı engelin 2x kadar önündeki bir noktada dairesel dalgalar üretseydi bu dalgalar engelden nasıl yansırdı?



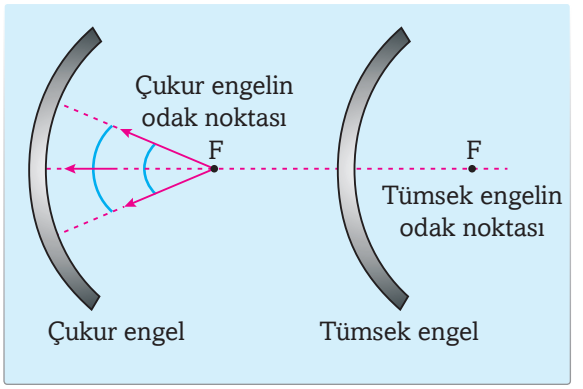
ÇÖZÜM

Dairesel bir dalga çukur engelden doğrusal bir şekilde yansıyor ise bu kaynak, engelin odağında bulunmaktadır. Odak x uzaklığındadır. Merkez uzaklık 2x mesafesidir. Öyleyse merkezden gönderilen dairesel dalgalar, parabolik engelden yandaki şekilde görüldüğü gibi yansır.

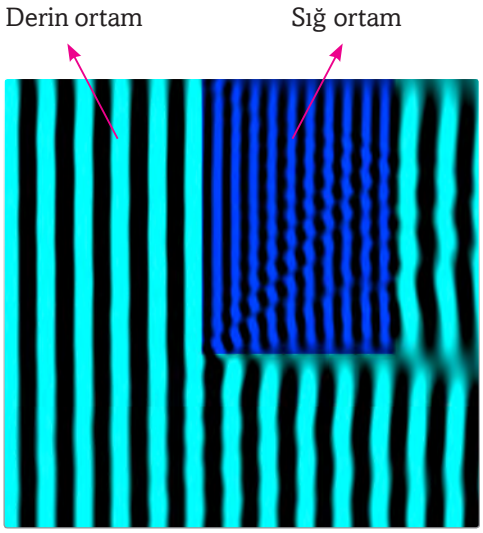


ALIŞTIRMA

Derinliği değişmeyen bir dalga leğeninde şekildeki gibi bir düzenek oluşturulmuştur. Çukur engelin odağındaki bir noktasal kaynaktan üretilen dairesel dalgaların önce çukur, sonra tümsek engelden yansıdıktan sonra nasıl göründüğünü çizim yaparak gösteriniz.



Ortam Derinliğinin Su Dalgalarının Yayılma Hızına Etkisi



Görsel 3.64: *Tüm mekanik dalgalar gibi su dalgaları da farklı ortamlarda farklı hızlarla yayılır.*

Aynı ortamda yayılan bir dalganın hızı sabittir. Ancak dalganın yayıldığı ortam değişirse yayılma hızı da değişir. İnce ve kalın yaylarda oluşturulan dalgaların farklı hızlarla yayıldığını 2. bölümde öğrendiniz. Derin ve sığ ortamlar su dalgaları için farklı ortamlar olarak düşünülebilir. Bu bölümde su dalgalarının derin ve sığ ortamlarda nasıl yayıldığını öğreneceksiniz. Dalga leğeninin bir bölümüne tahta, cam vb. bloklar konularak farklı derinliklerde ortamlar oluşturulabilir. ***Görsel 3.64***, bir dalga leğeninde oluşturulan, farklı ortamlarda yayılan su dalgalarının fotoğrafını göstermektedir. Su dalgalarındaki kırılmayı fark ettiniz mi?

• Bu fotoğrafa baktığınızda hangi ortamın daha derin olduğunu anlayabiliyor musunuz?

• Sizce su dalgaları hangi ortamda daha hızlı yayılmaktadır?

Şimdi 3.5 etkinliğini yaparak bu sorulara cevap bulunuz.

ETKİNLİK 3.5

Su Dalgalarının Yayılma Hızı

Araç ve Gereçler

- dalga leğeni takımı
- 50 x 50 cm boyutlarında beyaz kâğıt
- 30 cm'lik cetvel
- su
- sığ ortam oluşturmak için cam levhalar

Etkinliğin Amacı

Farklı derinliklerde yayılan dalgaların yayılma hızlarını karşılaştırarak derinliğin yayılma hızına etkisini incelemek.

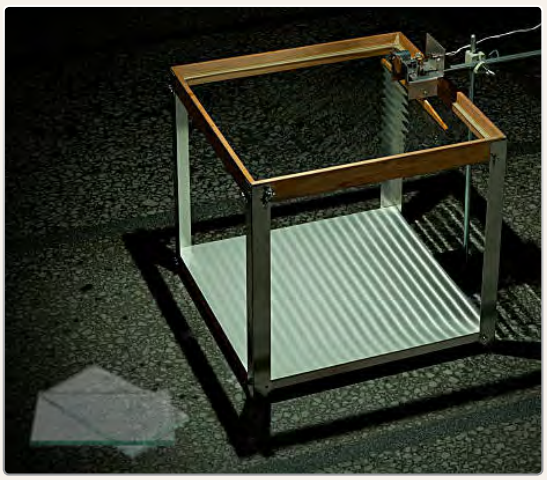
Bunları Yapınız

• Dalga leğeni düzeneğini kurunuz.

• İstenmeyen yansımaları engellemek için leğenin kenarlarına dalga söndürücüleri yerleştiriniz.

• Dalga leğenini 1-2 cm derinliğinde olacak şekilde su ile doldurunuz.

• Ekran vazifesini görmesi için 50 cm x 50 cm boyutlarındaki kâğıdı dalga leğeninin altına seriniz.



• Dalga leğeninin orta bölümüne cam levhayı yerleştiriniz ve levhanın alanıyla sınırlı bir sığ ortam oluşturunuz. Bu durumda levhaya önce paralel sonra paralel olmayan doğrultularda doğrusal dalgalar gönderiniz.

• Cam levhanızın üzerinde bir cam levha daha koyarak suyun derinliğini daha da azaltınız.

• Doğrusal dalgaların derin ortamdan sığ ortama ve sığ ortamı terk edip tekrar derin ortama geçtikten sonraki yayılmasını gözlemleyiniz.

• Sığ ortamdan derine, derin ortamdan sığa geçişte oluşan dalga desenini defterinize çiziniz.

Soruları Cevaplayınız

• Derinlik değiştikçe dalgaların görünüş (şekil), yayılma doğrultusu, dalga boyu, frekans ve hız gibi özelliklerinden hangileri, nasıl değişir? Açıklayınız.

• Su dalgaları hangi ortamda daha hızlı hareket eder? Derin de mi sığ da mı? Derin ortamdan sığ ortama belli bir gelme açısıyla gönderilen periyodik doğrusal dalgaların yayılma doğrultusunu yüzey normaline göre açıklayınız.

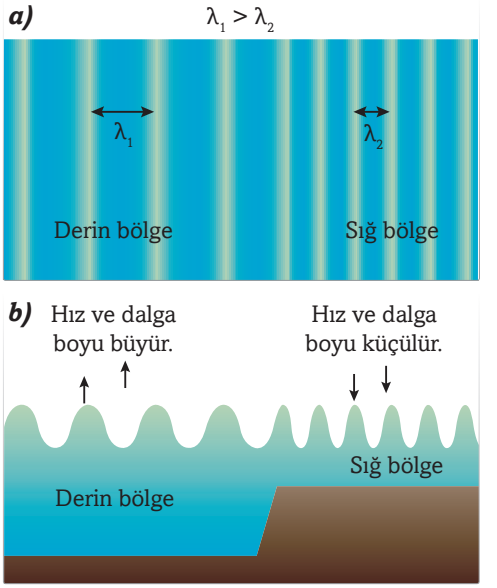
Etkinliğin ilk kısmında derin ortamdan sığ ortam sınırına dik olacak şekilde su dalgalarını gönderdiniz. Bu durumda dalga cephesinin her noktası aynı anda sığ ortama geçer. Bu nedenle gelen dalganın doğrultusunda herhangi bir değişme olmaz. Ancak sığ ortama geçen dalgaların hızı azalır ***(Görsel 3.65).***

Etkinlikte su dalgalarının dalga boyunda azalma görülmesi su dalgalarının hızının azaldığını gösterir. Bir dalganın hızının $v = \lambda \cdot f$ bağıntısı ile verildiğini öğrendiniz. Bu bağıntıya göre hız dalga boyu ile doğru orantılıdır. ***Görsel 3.65***'te görüldüğü gibi derin ortamdan sığ ortama geçen su dalgalarının dalga boyu küçülmüştür. Bu sığ ortamda dalganın hızının azaldığını göstermektedir. Bunun anlamı şudur: Dalganın hızı azalırsa dalga boyu da küçülür. Dalganın frekansı ise suyun derinliğine göre değişmez. İster derin su ister sığ su olsun dalganın frekansı aynıdır. Çünkü bir dalganın frekansı, yalnızca dalga kaynağının frekansına bağlıdır. **Frekans** dalga kaynağının bir saniyede ürettiği dalga sayısıdır ve ortama göre değişmez. Yaptığınız etkinlikte de görüldüğü gibi yayılma doğrultuları ortamları ayıran sınıra dik olan dalgalar yayılma doğrultusunu değiştirmeden diğer ortama geçti. Bu nedenle su dalgalarında kırılma olayı gerçekleşmemiştir. Derin ortamdan sığ ortama geçen dalgalar için

• hız azalır,

• dalga boyu kısalır,

• frekansı ve dolayısıyla periyodu değişmez.

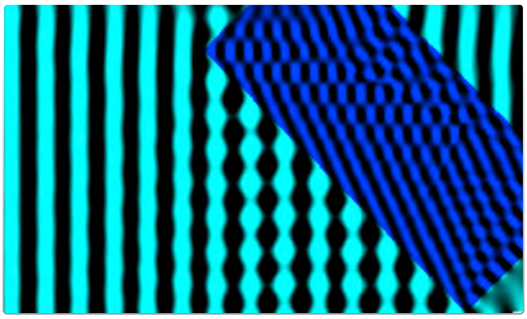


Görsel 3.65: *Su dalgalarının hızı derinliğe bağlıdır. Derin bölgeden sığ bölgeye geçen su dalgalarında hız ve dalga boyu değişiminin üstten* ***(a)*** *ve yandan* ***(b)*** *görünümü*

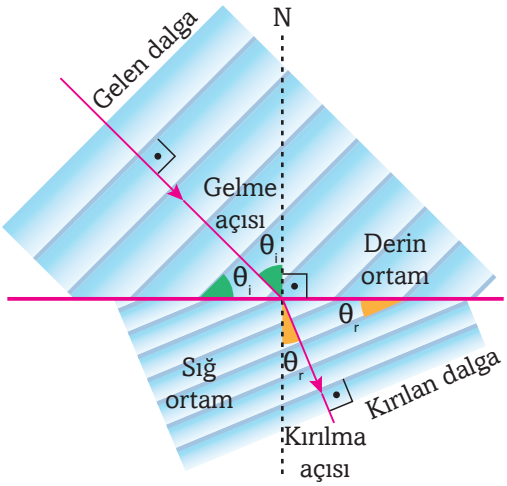
Stroboskop Nedir?

Hareket hâlindeki su dalgalarının hızının $v = \lambda f$ bağıntısıyla hesaplandığını biliyorsunuz. Bu bağıntıya göre su dalgalarının hızını hesaplamak için hem dalga boyunu hem de periyodunu ölçecek bir cihaza ihtiyaç vardır. Bu cihaza **stroboskop** denir. Stroboskop, ***Görsel 3.66.a*** ve ***b***'de görüldüğü gibi merkezindeki eksen etrafında dönebilen, üzerinde eşit aralıklarla açılmış yarıklar bulunan daire şeklindeki bir cihazdır. Bu cihaz ortasındaki delikten tutulur ve döndürülerek gözlenmek istenen dalgaya bakılır. Stroboskop, belli bir hızla döndürülünce dalgalar durgun göründüğünde stroboskop üzerinde bir yarığın kendisinden bir öndeki yarığın yerini alması için geçen süre, bir dalganın kendisinden bir öndeki dalganın yerini alması için geçen süreye

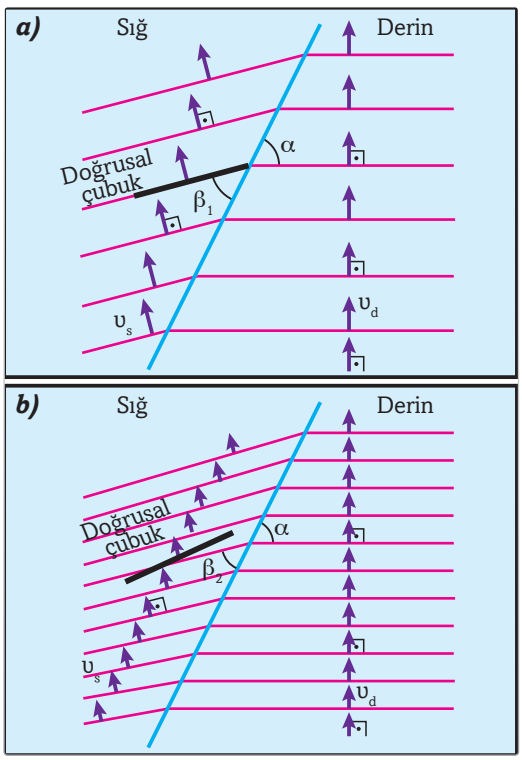
Görsel 3.66: a) *Dalga leğeninde dalgayı duruyor görmek için kullanılan bir el stroboskobu* ***b)*** *Stroboskop kullanan bir öğrenci*



Görsel 3.67: *Su dalgalarında kırılma olayı*



Görsel 3.68: *Derin ortamdan sığ ortama geçen doğrusal su dalgalarında kırılma olayı*



Görsel 3.69: *Su dalgalarının kırılmasında frekansın etkisi* ***(a)*** *Düşük frekanslı dalgaların kırılması,* ***(b)*** *Yüksek frekanslı dalgaların kırılması*

(dalganın periyoduna) eşit olur. Bu hızda düzgün çevrilen stroboskobun 1 s'deki dönme sayısı belirlenir. Yarık sayısı da kullanılarak dalganın periyodu saptanır.

Ayrıca dalga leğeninin altına bir cetvel yerleştirip stroboskopla bakarak dalga boyu kolaylıkla ölçülebilir. Periyodu ve dalga boyu ölçülen bir dalganın sudaki hızı da $v = \lambda f$ bağıntısıyla hesaplanabilir.

Doğrusal Su Dalgalarında Kırılma

Görsel 3.67, derin ortamdan gelen dalgaların sığ ortama belli bir açıyla geçişini göstermektedir. Derin ortamdan gelen dalgalar, belli bir açıyla ara yüzeye çarpıyorlarsa sığ ortama geçerken kırılır. Bunu 3.5 etkinliğini yaparken de fark etmişsinizdir. ***Görsel 3.67***, bir dalga leğenine bir cam levha yerleştirilerek yapılan bir deneyi göstermektedir. Cam levhanın üzerindeki su, dalga leğeninin geri kalanındaki sudan daha sığdır ve farklı bir ortam gibi davranmaktadır.

Doğrusal dalgalar derin bölgeden sığ bölgeye geçerken hızları azalacağı için dalgaların yayılma doğrultuları değişir. Sığ bölgeye geçen su dalgaları derin bölgedeki suda üretildiğinden frekansları değişmez. ***Görsel 3.68***'de gösterilen model iki farklı ortam sınırındaki dalgaların yönündeki değişimi göstermektedir. Bu olay **kırılma** olarak bilinir.

Gelen dalgaların arakesitle yaptığı θ_i açısı, gelme açısı; kırılan dalgaların arakesitle yaptığı θ_r açısı da kırılma açısıdır.

Buraya kadar kırılma olayını, dalgaların farklı ortamlarda farklı hızlarla yayılması olduğunu öğrendiniz. Ancak yayılma hızının frekansa da bağlı olduğunu dolayısıyla farklı frekanstaki kaynakların ürettiği dalgaların aynı bölgeden geçişinde farklı kırılma açısı meydana geldiğini de bilmek gerekir. Bir dalga leğeninde farklı frekanslarda dalgalar üretilerek kırılma olayı tekrarlanırsa kırılma açısı değişir. ***Görsel 3.69***'dan frekans arttıkça dalgaların daha az kırıldığını fark ettiniz mi? Bu durum, sığ ortama geçen dalgaların leğene bırakılan doğrusal çubukla paralelliğinin bozulmasından da anlaşılır. Frekansın kırılmayı etkilemesini gösteren bu olaya **ayrılma** denir. Ayrılma olayı, dalgaların yayılma hızının sadece ortamın derinliğine değil aynı zamanda dalgaların frekansına da bağlı olduğunu gösterir. Bu olay bir ışık prizmasına gönderilen beyaz ışığın kendisini oluşturan renklere ayrılmasına benzetilebilir.

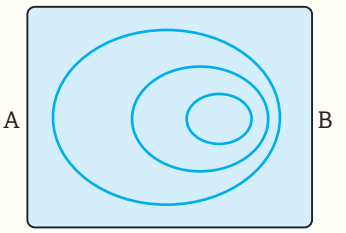
Şimdi fizik İnteraktif bölümünde verilen linkteki simülasyona bakarak su dalgalarının kırılma hareketlerini daha iyi anlamaya çalışınız. Bu simulasyonda dalga çeşidini istediğiniz şekilde seçebilmektesiniz. Bunun yanında yukarıdaki add butonundan istediğiniz şekilde engelleri simülasyonlara koyabilmektesiniz. Simülasyonda doğrusal dalga (plane waves) seçiniz. Add butonundan da kutu (box) şeklini seçiniz ve suyun içine istediğiniz şekilde yerleştiriniz. Böylece dalgaların kırılma hareketlerini gözlemleyerek çiziniz.

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/1Fy050Q

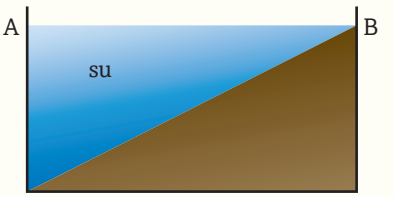
ÖRNEK PROBLEM

Bir leğendeki suyun üzerine bir damlalık ile su damlatılarak su yüzeyinde dalgalar oluşturulmuştur. Oluşan bu dalgaların yayılışının üstten görünüşü yandaki şekilde görülmektedir. Buna göre leğenin yandan görünüşü nasıldır?



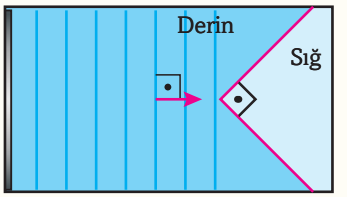
ÇÖZÜM

Su dalgaları derin bölgelerde daha hızlı yayılır. Hız ile dalga boyu doğru orantılıdır. Yani dalga boyunun artması hızın arttığını gösterir. Bu bilgiler ışığında sorudaki şekilden, su dalgalarının hızının sola doğru arttığını anlayabilirsiniz. Bunu en iyi anlatan şeklin yandan kesiti derinliğin sola doğru arttığı bir şekil olacaktır.



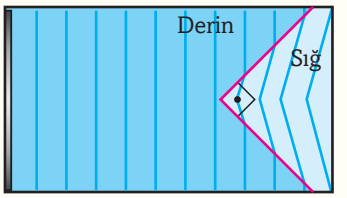
ÖRNEK PROBLEM

Bir dalga leğeninin sığ bölümünde üretilen periyodik doğrusal su dalgalarının üstten görünüşü, şekildeki gibidir. Bu dalgaların sığ ortamdaki ilerleyişinin üstten görünüşü nasıl olur? Çizerek gösteriniz.



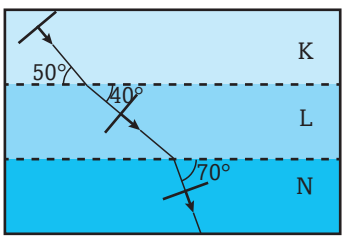
ÇÖZÜM

Dalgaların sığ ortamdaki hızı azalacağından dalga boyları küçülür. Bu nedenle derin ortamdan sığ ortama geçen dalgaların şekli yandaki gibi olur.



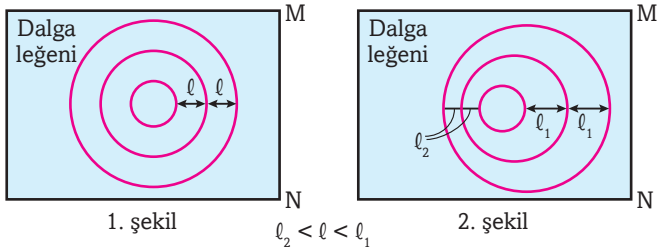
ALIŞTIRMA

- **Bir dalga leğeninde birbirine paralel farklı derinlikte üç bölüm oluşturuluyor. K bölümünden gönderilen doğrusal su dalgalarının L ve N ortamlarında izlediği yol, şekilde verilmiştir. Buna göre ortamların h_K, h_L, h_N derinlikleri arasındaki ilişki nasıl olur?**



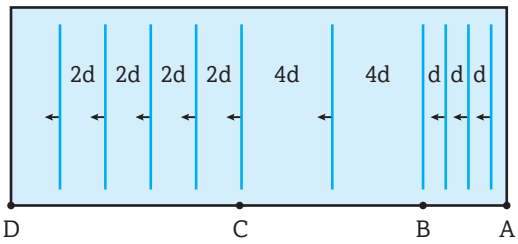
ALIŞTIRMA

- **Bir dalga leğeninde, noktasal bir kaynağın yaydığı dalgaların 1. şekildeki deseni vermesi beklenirken 2. şekildeki görünüm elde ediliyor. Bu değişikliğin sebebi nedir?**



$\ell_2 < \ell < \ell_1$

- **Üç farklı derinlikten oluşan bir dalga leğeninin bir ucunda oluşturulan doğrusal dalgaların ilerlemesinin üstten görünüşü yandaki gibidir. Dalga leğeninin AB, BC, CD bölgelerinin derinlikleri sırasıyla h_1, h_2, h_3 ise bunlar arasındaki ilişki nasıldır? Bu dalga leğeninin yandan görünüşü nasıl olur?**



BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- Kendi cümlelerinizle **doğrusal dalga, periyodik dalga, kırılma, ayrılma** kavramlarını tanımlayınız.
- **Dalga leğeni, doğrusal ve dairesel dalgalarda yansıma** ve **stroboskop** kelimelerini kullanarak cümleler kurunuz.

AÇIKLAYINIZ

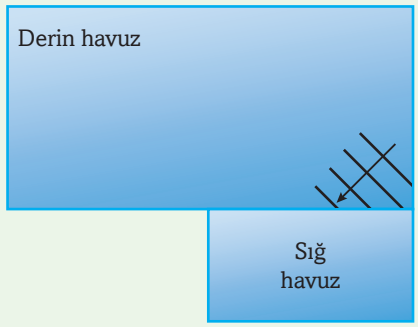
1. Durgun bir suya parmağınızı daldırarak bir dalga oluşturunuz. Parmağınızı suya daha sık daldırıp çıkarırsanız suda oluşan dalganın dalga boyu nasıl değişir? Açıklayınız.
2. Dalga boyu ve dalganın hızı arasındaki ilişki nedir? Bir sudaki dalga hareketi derinlikle nasıl değişir?
3. Sığ ortamdan derin ortama geçen dalgaların frekansı hakkında ne söylenebilir? Açıklayınız.

UYGULAMA

4. Ayşe ve Nilgün yüzdükleri büyük ve derin havuzun yanındaki küçük ve sığ havuza geçen dalgaların yön değiştirdiğini fark ederler.

   • Yandaki şekil üzerinde sığ suya giren dalgaları çiziniz.

   • Sığ suya giren dalgaların dalga boyu, hızı ve frekansı nasıl değişir?



3.4. SES DALGASI

- Ses Titreşimdir
- Ses Dalgaları
- Ses Dalgalarında Dalga Boyu ve Frekans
- Ses Dalgalarında Şiddet
- Ses Kirliliği Nedir?

Görsel 3.70: *Arkadaşlarımızın sesleri neden birbirinden farklıdır?*

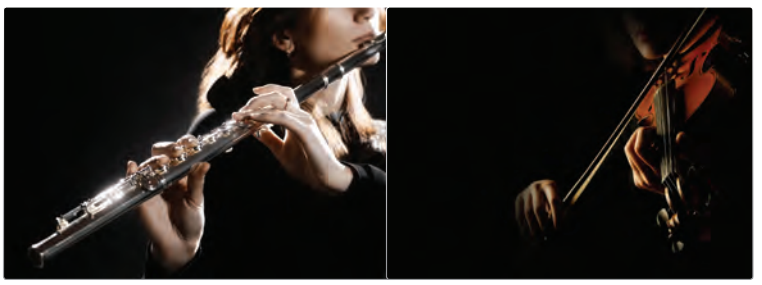
Anahtar Kavramlar

- rezonans
- ses yüksekliği
- ses şiddeti
- tını
- yankı
- uğultu
- gürültü
- ses kirliliği

Görsel 3.71: *Radyonun sesini açtığınızda, hoparlörden çıkan sesin şiddetinde bir artma olur. Sesin şiddetindeki bu artma, ses dalgasındaki hangi değişimden kaynaklanmıştır?*

Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Ses dalgaları ile ilgili temel kavramları örneklerle açıklayabileceksiniz.
- Ses dalgalarının tıp, denizcilik, sanat ve coğrafya alanlarında ki kullanımına örnekler verebileceksiniz.



Görsel 3.72: *Aynı notayı bir flüt ve bir keman ile çaldığınızda farklı ses duyulur. Bunun sebebi nedir?*

Ses Titreşimdir

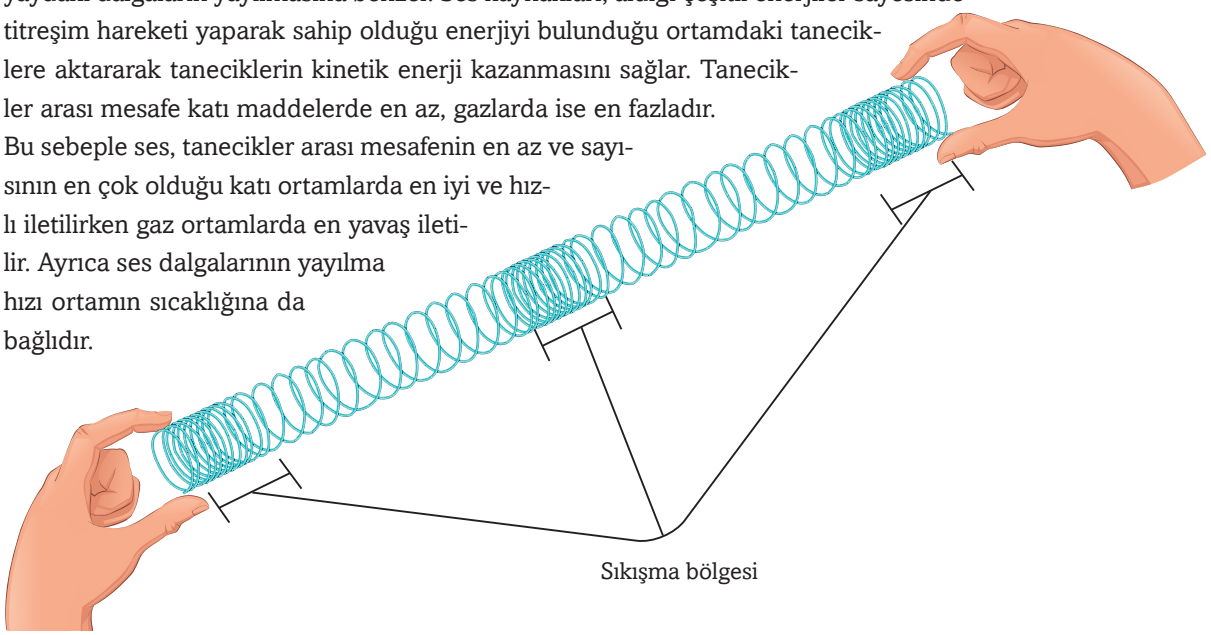
Görsel 3.73: *Gitarın titreşen teli ses çıkarır. Bütün müzik aletleri bazı parçalarının titreşmesiyle ses meydana getirir. Sizce bir flütü üflediğinizde titreşen nedir?*

Etrafınızdaki seslere kulak veriniz. Ne kadar çok farklı ses duyuyorsunuz değil mi? İnsanların, hayvanların, müzik aletlerinin ve arabaların sesleri birbirinden farklıdır. Sizce varlıkların seslerinin birbirinden farklı olmasının sebebi nedir?

Ses, titreşim hareketi sonucu oluşan bir enerji türüdür ve bir ortamda dalgalar hâlinde yayılır. Örneğin bir gitarın tellerini çektiğinizde teller denge konumu etrafında ileri geri hareket eder. Yani tel titreşir ve ses çıkarır. Titreşim sonucunda oluşan ses dalgası havada yayılarak kulağınıza gelir. Sesin yayılması için mutlaka bir ortam gereklidir. Eğer maddesel bir ortam yoksa ses dalgaları yayılamaz. Örneğin uzayda, ses dalgalarının yayılması için gerekli maddesel ortam yoktur. Bu nedenle orada ses dalgaları yayılamaz. Sesleri ince-kalın, şiddetli-zayıf diye ayırmanızın sebebi ortamda yayılan ses dalgalarının özelliğinden kaynaklanmaktadır. Sınıftaki arkadaşlarınızın sesleri birbirinden farklıdır. Çünkü arkadaşlarınızın ses telleri birbirinden farklı şekilde titreşir ve havada farklı özellikte dalga yayılmasına sebep olurlar.

Yaydaki dalgaların bir boyutta, suda yayılan dalgaların ise iki boyutta yayıldığını önceki bölümlerde öğrendiniz. Ses dalgaları ise üç boyutta yayılır.

Birçoğunuz oyuncak sarmal yay ile oynamışsınızdır. Oyuncak sarmal bir yayın ucundan birkaç halkayı çekip bırakırsanız (veya sıkıştırıp bırakırsanız) yayların geri kalanındaki sarmal kısımda ***Görsel 3.74***'te görüldüğü gibi sıkışma ve seyrekleşme bölgeleri meydana gelir. Ses dalgalarının yayılması bu yaydaki dalgaların yayılmasına benzer. Ses kaynakları, aldığı çeşitli enerjiler sayesinde titreşim hareketi yaparak sahip olduğu enerjiyi bulunduğu ortamdaki taneciklere aktararak taneciklerin kinetik enerji kazanmasını sağlar. Taneciklerarası mesafe katı maddelerde en az, gazlarda ise en fazladır. Bu sebeple ses, tanecikler arası mesafenin en az ve sayısının en çok olduğu katı ortamlarda en iyi ve hızlı iletilirken gaz ortamlarda en yavaş iletilir. Ayrıca ses dalgalarının yayılma hızı ortamın sıcaklığına da bağlıdır.

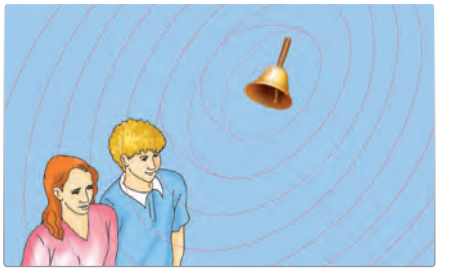


Görsel 3.74: *Sarmal bir yayı uçlarından çekip bırakırsanız boyuna dalgalar yay boyunca yayılır.*

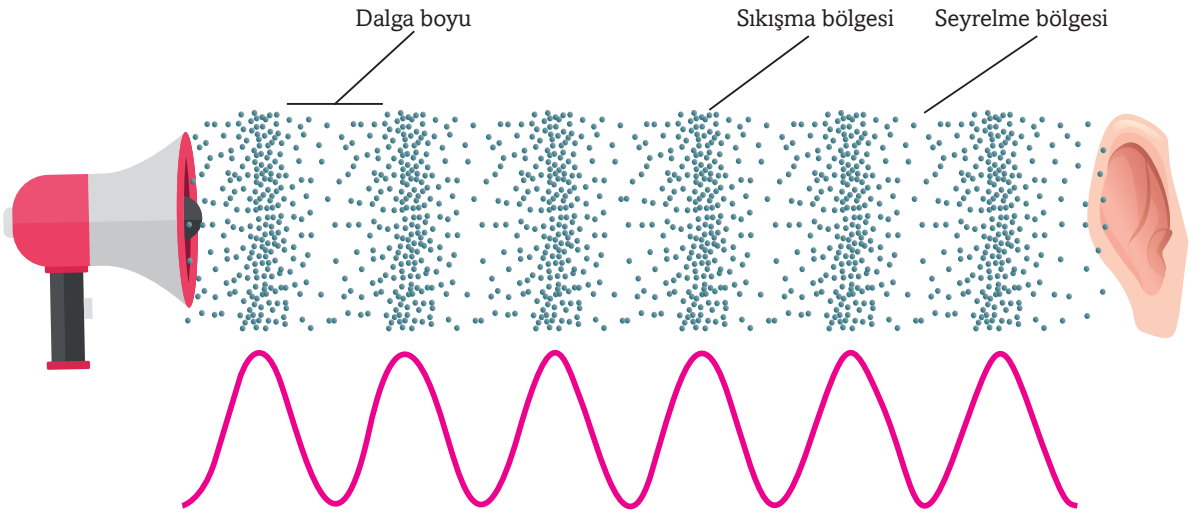
NE ÖĞRENDİNİZ? Ses nasıl meydana gelir?

Ses Dalgaları

Bundan önceki bölümlerde yay ve su dalgaları hakkında bilgi edindiniz. Dalgaların enerjiyi bir yerden başka bir yere taşıyan sarsıntılar olduğunu hatırlayınız. Ses de bir dalgadır. Konuşurken parmaklarınızı boğazınıza dokundurunuz. Titreşimleri hissettiniz mi? Ses telleriniz boğazınızdaki havayı titreştirir ve bu titreşimler havada bir dalga olarak devam eder. Kinetik enerji kazanan tanecikler etrafındaki diğer taneciklere çarparak onların titreşmesine sebep olur. Böylece boğazınızdaki havada oluşan dalga önce vücudunuzu çevreleyen havaya ve daha sonra da uzaklara yayılır. Bu yayılma ***Görsel 3.75***'te görüldüğü gibi her yöne doğrudur. Böylece enerji bir yerden başka bir yere aktarılır. Ses dalgalarına **basınç dalgaları** da denir. Bir basınç dalgasında tanecikler ses dalgasının hareket ettiği yönde ileri-geri hareket eder. ***Görsel 3.76***, bir ses dalgasındaki taneciklerin hareketini modellemektedir.



Görsel 3.75: *Şişirilen bir balonun her doğrultuda genişlemesi gibi ses dalgaları da kaynağından başlayarak her doğrultuda yayılır.*

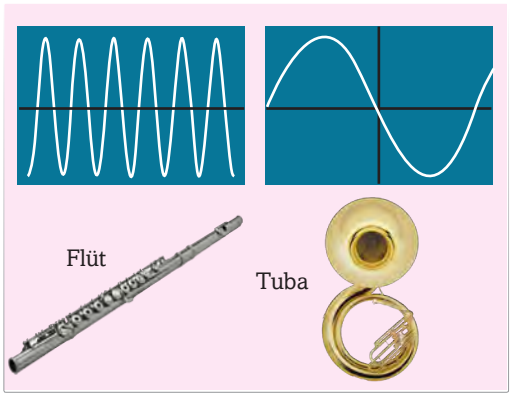


Görsel 3.76: *Ses dalgaları, hava molekülleri arasında sıkışma ve seyrekleşme bölgeleri oluşturur.*

Ses Dalgalarında Dalga Boyu ve Frekans

Yay ve su dalgalarında olduğu gibi ses dalgasının da dalga boyu ve frekansı vardır. Bir ses dalgasının dalga boyu, ***Görsel 3.76***'da gösterildiği gibi art arda iki sıkışma bölgesi (veya seyrelme bölgesi) arasındaki mesafedir.

Diğer dalgalarda olduğu gibi saniyede bir noktadan geçen dalga boylarının sayısına **frekans** denir. Bir dalganın uzun bir dalga boyu varsa bir noktadan saniyede birkaç dalga boyu geçer. Bu nedenle bu dalgalar düşük frekanslı dalgalardır. Örneğin ***Görsel 3.77***'de görüldüğü gibi tuba denen bir müzik aletinin ürettiği notalar düşük bir frekansa ve uzun bir dalga boyuna sahipken flütün ürettiği notalar yüksek frekansa ve düşük dalga boyuna sahiptir.



Görsel 3.77: *Büyük müzik aletleri genellikle düşük frekanslı sesler üretirken küçük müzik aletleri yüksek frekanslı sesler üretir.*

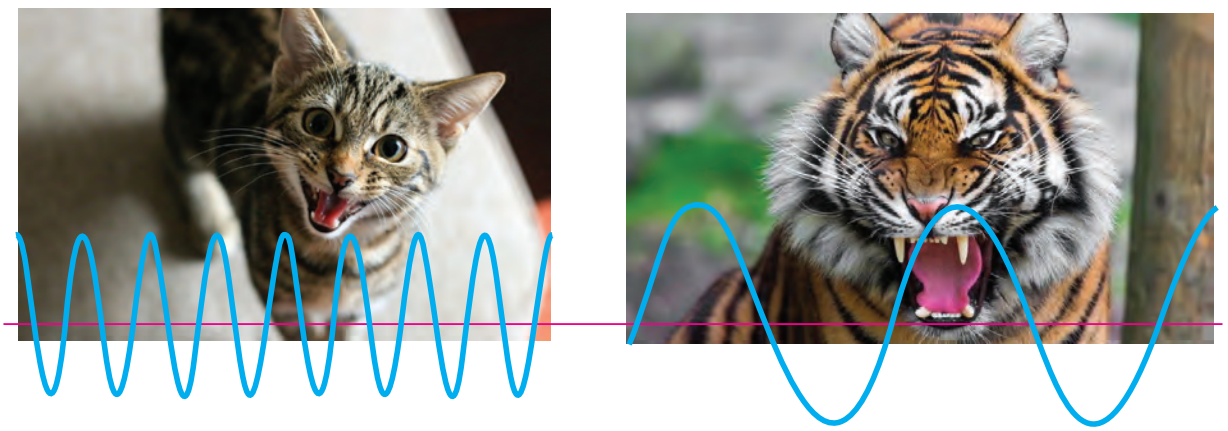
Bunları biliyor musunuz?

Diyapazon Nedir?

Çelikten yapılmış U şeklinde, titreştirilince ana seslerden birini vermek üzere yapılan bir alettir. Farklı diyapazonlara lastik tokmak ile vurarak ses çıkarttığınızda diyapazonun frekansı, ne kadar büyükse çıkan ses de o kadar ince olur. Diyapazonun frekansı diyapazonun bir saniyede ne kadar titreştiğini gösterir. Diyapazonun çatalı ne kadar kısa olursa çıkan sesin frekansı o kadar artar.

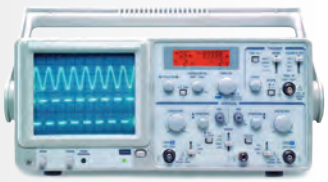
Bir cisim ne kadar hızlı titreşirse birim saniyede o kadar fazla dalga üretir. Sesin yüksekliği, sesin ince veya kalın işitilmesine sebep olan ses özelliğidir. Hepiniz, bir arabanın rölantide çalışırken daha kalın ses çıkardığını, motora gaz verildiğinde sesin inceldiğini fark etmişsinizdir.

Araba rölantide çalışırken motor mili çok az dönerken sürücü motora gaz verdiğinde motor mili daha fazla dönmeye başlar. Bu nedenle motordan çıkan ses incelir. Bir cisim ne kadar hızlı titreşirse frekansı o kadar artar. Yükseklik sesin frekansı ile ilişkilidir. Ses yüksekliğine **ses perdesi** de denir. Küçük çocuklar daha yüksek (yani ince) sese sahiptir. Yüksek frekanslı sesler daha ince duyulurken düşük frekanslı sesler daha kalın duyulur. Düşük frekanslı seslere **pes**, yüksek frekanslı seslere **tiz** denir. Filler, kaplanlar, zürafalar ve diğer bazı hayvanlar düşük frekanslı ses aralığında iletişim kurarlar. ***Görsel 3.78***, bir kedi ve kaplanın çıkardığı ses dalgalarının karşılaştırmalı olarak frekans modelini vermektedir.



Görsel 3.78: *Bir kedi yüksek frekanslı ses üretirken bir kaplan kediye göre düşük frekanslı ses üretir.*

Bunları biliyor musunuz?



Ses dalgalarının özellikleri osiloskop denen bir cihazla incelenir. Bu cihazda ses, bir mikrofon yardımıyla elektrik akımına dönüştürülür ve osiloskop ekranında dalga olarak görülür. Bu sayede bir ses dalgasının frekansı, genliği, dalga boyu vb. özellikleri kolaylıkla ölçülebilir.

NE ÖĞRENDİNİZ?

İnce ve kalın seslerin frekansları hakkında ne söylersiniz?

Çok yüksek frekanslı sesler ise insanlar tarafından duyulamayabilir. Sağlıklı bir insan kulağı 20 Hz ile 20 000 Hz arasındaki sesleri duyabilir. Frekansı 20 000 Hz'in üstünde olan sese **ultrasonik ses** denir.

Ultrasonik sesler insanlar tarafından duyulamaz ancak bazı hayvanlar bu sesleri duyulabilir. Örneğin kedi ve köpekler insanların duyabileceğinden daha yüksek sesleri duyabilmektedir. Bu sebeple bazı köpek bakıcıları sessiz düdük ya da köpek düdüğü denen ve bizim duymadığımız sesleri üreten düdükler kullanarak hayvan-

ları eğitirler. ***Görsel 3.79***'da görülen bir köpek eğitmeni, köpek düdüğünü çalarsa kendisi ve etraftaki insanlar hiçbir şey duymaz ama bir köpek bu düdükten çıkan sesi duyar. Köpek düdüğünden çıkan sesler insan kulağının algılayabileceğinden daha yüksek frekanslara sahiptir. Yüksek frekanslı ses dalgalarını algılayan diğer hayvanlar arasında yarasalar, balinalar ve yunuslar bulunur. Köpekler, frekansı yaklaşık 35 000 Hz'e kadar olan sesleri duyabilir. Yarasalar ise 100 000 Hz'den daha yüksek frekanslı ses dalgalarını işitebilirler.

Her ne kadar insanlar ultrasonik ses dalgalarını duyamasalar da bu dalgaların günlük hayatta ve teknolojide birçok kullanım alanı vardır. Örneğin insan vücuduna yönlendirilen ultrasonik ses dalgaları tıbbi teşhis ve tedavide kullanılır. 20 Hz'in altında frekansa sahip olan ses dalgalarına ise **infrasonik** veya **subsonik** dalgalar denir. Bu frekanstaki ses dalgalarının çoğu insanlar tarafından duyulmaz. Bu dalgalar rüzgâr, ağır makine ve deprem gibi çok yavaş titreşen kaynaklar tarafından üretilir. ***Tablo 1.2*** insan ve bazı hayvanların işitme aralığını göstermektedir.

Etrafınızda duyduğumuz seslerin bazıları ince bazıları kalındır.

Sizce bu titreşen cismin hangi özelliği ile ilgilidir? Benzer şekilde kadınların sesi genellikle erkeklere göre daha incedir. Bunun sebebi nedir?

Etrafınızda çok farklı türde müzik aleti vardır. Bunları incelediğinizde titreşen kısımlarının farklı özelliklerde olduğunu fark ettiniz mi? Örneğin telli müzik aletlerini düşününüz.

Bu aletlerde titreşen bir telin frekansı;

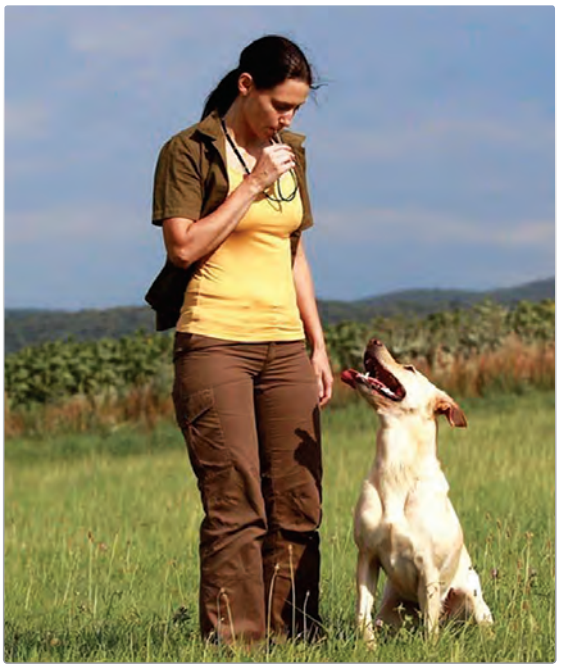
1. Telin boyuna (Telin boyu arttıkça frekansı küçülür, ses kalınlaşır.)

2. Telin kesitine (Tel kalınlaştıkça frekans küçülür, ses kalınlaşır.)

3. Telin gerginliğine (Telin gerginliği arttıkça frekans büyür, ses inceleşir.)

4. Telin cinsine bağlıdır.

Titreşim frekansı azaldıkça daha kalın (pes) ses duyarsınız. Bunu yapacağınız basit bir deneyle test edebilirsiniz. Boş bir şişenin tepesine üflediğinizde şişenin içerisindeki havayı titreştirirsiniz.



Görsel 3.79: *Köpek düdüğünün çıkardığı sesin frekansı o kadar yüksektir ki insanlar duyamaz.*

Tablo 1.2: *İnsanların ve bazı hayvanların işitme aralıkları*

	Tür	Yaklaşık aralık (Hz)
	İnsan	64-23 000
	Kedi	45-64 000
	Fare	1000-91 000
	Yarasa	2000-110 000
	Beluga balinası	1000-123 000
	Fil	16-12 000
	Ağaç kurbağası	50 - 4000

https://bit.ly/2OX2qmr

Kamyon büyük genlikli ses dalgası üretir.

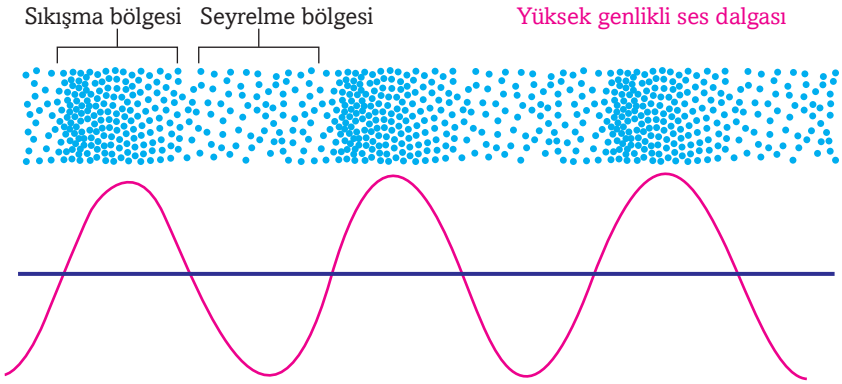
Motor küçük genlikli ses dalgası üretir.

Görsel 3.80: *Daha büyük enerjili ses dalgaları daha büyük şiddete, daha küçük enerjili ses dalgaları ise daha düşük şiddete sahiptir.*

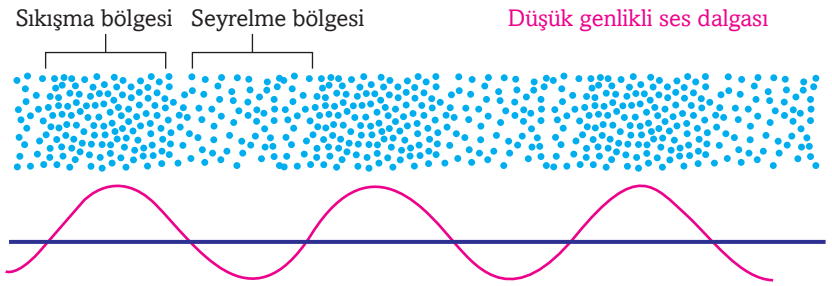
Şişe boş olduğunda şişenin içindeki hava tabakasının boyu en uzundur ve yavaş titreşir. Şişeye su eklerseniz hava tabakasının boyu azalır. Şişenin tepesine tekrar üflerseniz içerideki havanın titreşimi artar. Frekans arttığında ise daha ince (tiz) bir ses duyarsınız. Şişeye su eklemeye devam ederseniz duyacağınız ses daha da incelir.

Ses Dalgalarında Şiddet

Ders esnasında yanınızdaki arkadaşınıza bir şey söylerken fısıldarsınız. Teneffüste uzaktaki bir arkadaşınıza seslenmek istediğinizde sesinizi yükseltirsiniz. Acaba ses dalgalarının hangi özelliği bu farklılığa neden olur? Şiddetli ses dalgaları, az şiddetli ses dalgalarından daha fazla enerji taşır. Bir dalganın taşıdığı enerji miktarının o dalganın genliği ile ilişkili olduğunu hatırlayınız. Basınç dalgası için genlik sıkışma ve seyrelme bölgelerinde bulunan taneciklerin yoğunluğu ile ilgilidir. Titreşen bir cisim dalga üreterek ortama enerji aktarır. Ortam tanecikleri sıkışma bölgelerinde birbirine ne kadar yakınsa ve seyrekleşme bölgesinde ne kadar birbirinden uzak ise ortama daha fazla enerji aktarır. ***Görsel 3.81***'e baktığınızda bir ses dalgasının daha büyük bir genliğe sahip olduğunda ortam taneciklerini sıkışma bölgelerinde birbirine daha yakın, seyrelme bölgelerinde ise birbirinden daha uzak olduğunu görürsünüz.



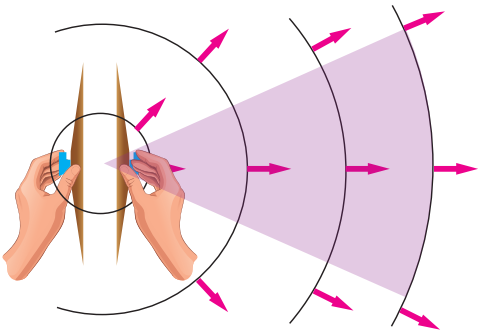
Büyük genlikli ses dalgasında sıkışma bölgesindeki tanecikler birbirine yakınken seyrelme bölgesinde birbirinden oldukça uzaktadır.



Düşük genlikli ses dalgasında sıkışma bölgesindeki tanecikler birbirine çok yakın değilken seyrelme bölgesinde de birbirinden çok uzakta değildir.

Görsel 3.81: *Bir ses dalgasının genliği, sıkışma ve seyrelme bölgelerindeki taneciklerin yoğunluğuna bağlıdır.*

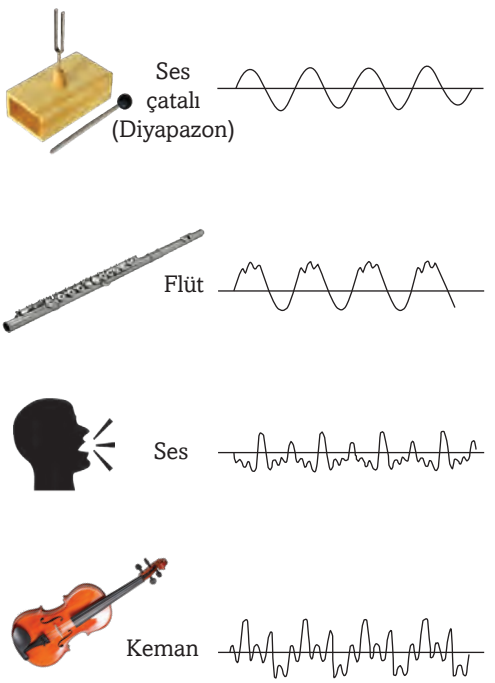
Müzikçalarınızdan bir şarkı dinlediğinizi düşününüz. Müzikçalar tarafından üretilen ses dalgaları havada dolaşır ve müzikçalardan kulaklarınıza enerji aktarır. Kulaklarınıza ulaşan enerji, sadece ses dalgalarının büyüklüğüne değil, aynı zamanda müzik çalara ne kadar yakın olduğunuza da bağlıdır. Her saniyede belli bir alana ses kaynağı tarafından aktarılan enerji miktarı ses dalgasının şiddetini belirler. Bu nedenle ses, kaynağa yakın yerlerde en şiddetli duyulur. Bir ses kaynağının şiddeti, belirli bir doğrultuda birim zamanda birim alandan geçen ortalama ses enerjisi miktarıdır. ***Görsel 3.82***'de görüldüğü gibi kaynağından uzaklaşıldıkça ses dalgaları daha geniş bir alana yayılır. Bu, kaynağından uzaklaştıkça her saniyede daha az enerjinin kulağınıza ulaştığı anlamına gelir.



Görsel 3.82: *Kaynağından uzaklaştıkça ses dalgasının yoğunluğu azalır. Bu nedenle ses dalgasının enerjisi daha geniş bir alana yayılır.*

Tını Nedir?

Tını aynı frekansa sahip iki sesin ayırt edilmesine sebep olan özelliktir. Ses kalitesi olarak da tanımlanabilir. Örneğin bağlama ve flüt ile aynı notayı çaldığınızda meydana gelen seslerin kulağınızda uyandırdıkları algılar farklıdır. Bunun sebebi bu müzik aletlerinin farklı tınılara sahip olmasındandır. Önceki bölümlerde sesin bir dalga olduğunu öğrenmenize rağmen bu dalga her zaman ***Görsel 3.81***'de göründüğü gibi değildir. Her ses kaynağı kendisine özel bir karakteristik dalga üretir. Bu karakteristik dalga, sesin tınısını meydana getirir. ***Görsel 3.83***'te bir notanın farklı ses kaynakları tarafından oluşturulmuş farklı tınılı dalgaları görülmektedir. Sizce farklı ses kaynaklarının neden kendine özgü bir tınısı vardır?



Görsel 3.83: *İnsan ve farklı müzik aletlerinin aynı notadaki tınıları farklıdır.*

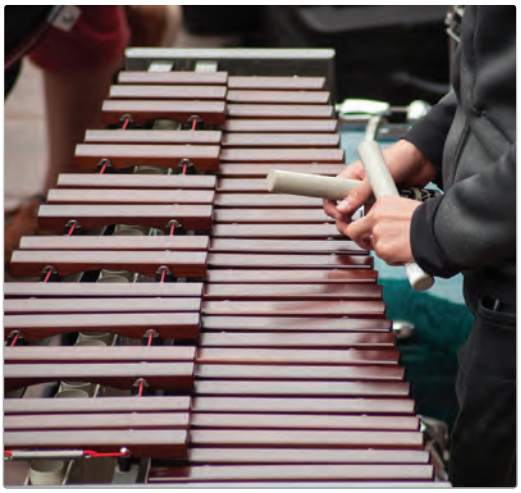
Sesler, belli bir frekansta titreşen bir kaynak tarafından üretilir. Aslında ses üreten çoğu nesne aynı anda birkaç farklı frekansta titreşir. İşte bu farklı frekansların bileşimi o sesin tınısını meydana getirir. ***Görsel 3.83***'te görüldüğü gibi bir diyapazon çok net bir dalga üretir. Bu nedenle müzik aletlerinin akord edilmesinde kullanılır. Tecrübeli müzisyenler farklı müzik aletlerinin aynı şiddet ve yükseklikteki aynı notayı çalarken elde edilen seslerini ayırt edebilirler.

NE ÖĞRENDİNİZ?

Bir piyanonun ve gitarın si notası aynı frekansta olmasına rağmen neden farklı algılanır?

Rezonans Nedir?

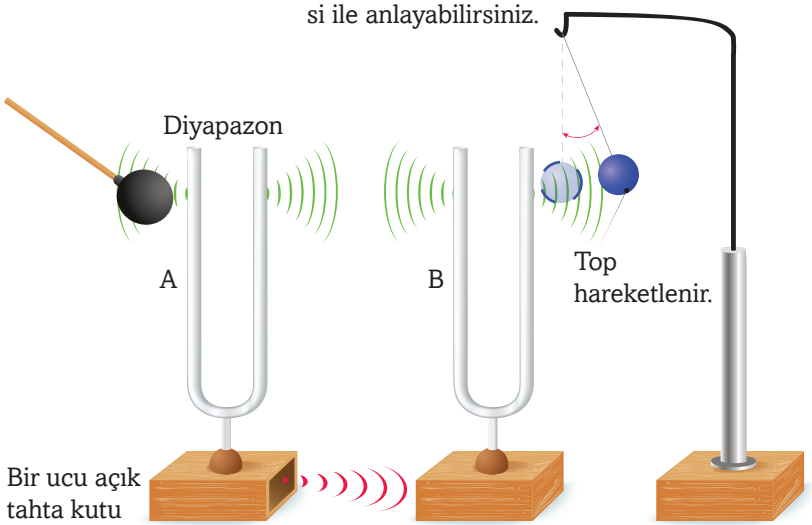
Farklı boyut ve şekillerdeki cisimlerin farklı notalar oluşturduğunu öğrendiniz. Örneğin bir bağlamanın tellerine bakarsanız tellerin farklı kalınlıklarda yapılmış olduğunu görürsünüz. Her bir tel farklı notada sesler meydana getirir. Benzer şekilde ***Görsel 3.84***'te görülen ksilofonun metal parçaları farklı uzunluklarda yapılmıştır. Böylece her biri farklı notalarda ses çıkarır.



Görsel 3.84: *Ksilofondaki farklı uzunluktaki tahta veya metal parçalar farklı notalarda ses meydana getirir.*

Ksilofonun metal parçalarına çarptığınızda bu metal parçalar doğal frekans olarak adlandırılan belirli bir frekansta titreşir. Tüm cisimlerin boyutuna, şekline ve yapıldığı malzemeye bağlı olan kendine has doğal frekansları vardır.

Doğal frekansının 440 Hz olduğu bir diyapazonu düşününüz. Aynı frekanslı (440 Hz) bir ses dalgası bu diyapazona çarparsa diyapazonun titreşmesine sebep olur. Çünkü ses dalgası diyapazonun doğal frekansına eşittir. Bir cismin enerjiyi soğurarak kendi doğal frekansında titreşime geçmesi olayı **rezonans** olarak adlandırılır. Bu olayı ***Görsel 3.85***'teki şekil ile daha iyi anlayabilirsiniz. Özdeş A ve B diyapazonlarından A diyapazona bir tokmakla vurularak diyapazonun çatallarının titreşmesi sağlanıyor. Böylece diyapazonda ses dalgası meydana gelir. Oluşan ses, diyapazonun altındaki ses kutusu sayesinde daha şiddetlenerek B diyapazonuna ulaşır. B diyapazonunun doğal frekansı, gelen ses dalgasının frekansına eşit olduğu için rezonansa geçer ve aynı frekansta titreşerek ses dalgası üretir. B diyapazonun titreşmesini B sarkacının ucundaki hafif topun hareketlenmesi ile anlayabilirsiniz.



Görsel 3.85: *Doğal frekansları aynı olan diyapazonlardan biri titreştirilirse yakınındaki diğer diyapazon da rezonans olayından dolayı titreşir.*

Bazen rezonans olayı bir cismin büyük miktarda enerji soğurmasına sebep olabilir. Dalganın taşıdığı enerji arttıkça genliğinin de arttığını biliyorsunuz. Benzer şekilde bir cisim doğal frekanslarındaki enerjiyi soğurmaya devam ederse daha güçlü titreşir. Yeterli enerji soğurulması durumunda cisim zarar görüp hasara uğrayabilir.

NE ÖĞRENDİNİZ? Rezonans olayı nasıl meydana gelir?

Ses Kirliliği Nedir?

Sesin maddelerdeki iletilme özelliği sayesinde etrafınızdaki sesleri duyabilirsiniz. Ancak aşırı gürültülü ortamlar sizleri rahatsız ettiği gibi çeşitli sağlık sorunlarına da sebep olabilir. Bu yüzden bu tür ortamlarda ses yalıtımına ihtiyaç duyulur.

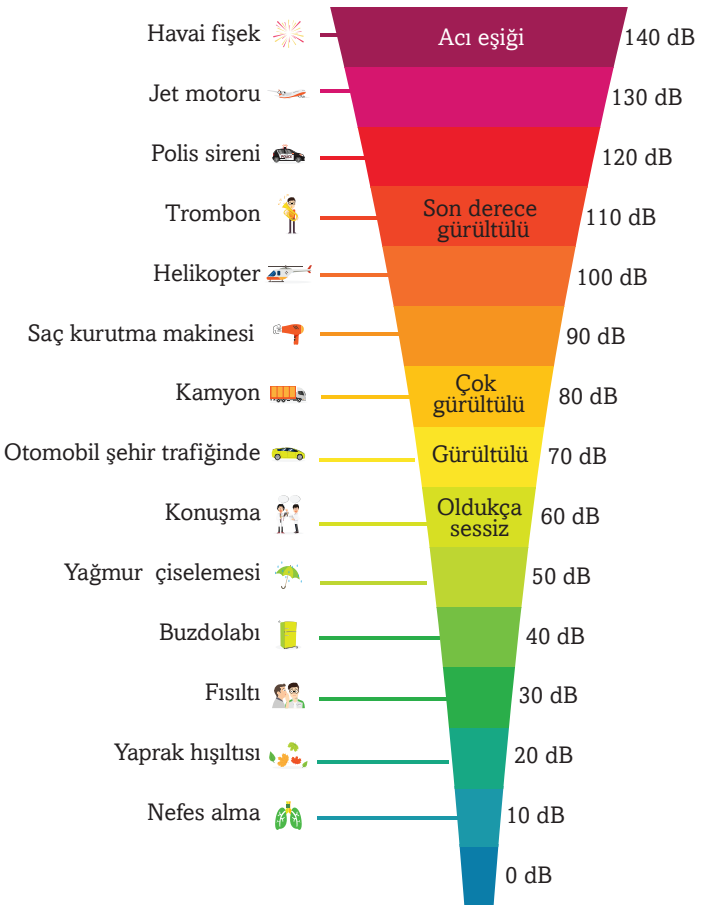
Günlük hayatta birçok kişi kulak uğultusu problemi yaşamaktadır. **Uğultu** dış kaynaklı olmayan, şiddeti kişiden kişiye değişen ve kulakta duyulan bir ses olarak tanımlanır. Kulak uğultusunun birçok olası nedeni vardır. Ancak uzun süre gürültüye maruz kalan kişilerde daha sık görülmektedir. Fabrika ve inşaat işçileri, müzisyenler ve askerler bu konuda örnek olarak gösterilebilir. Ses kirliliği insanlarda veya diğer canlı organizmalarda olumsuz etkilere yol açabilecek şekilde yüksek ses seviyelerine maruz kalma olarak tanımlanır.

Seslerin işitme sağlığımıza zararlı olup olmadığı, bir sesi duyup duyamamamız, ses düzeyi denen bir büyüklükle ilgilidir. Ses düzeyini ölçmek için kullanılan birim desibeldir. Desibel kısaca dB ile gösterilir.

Görsel 3.86: *Ses kirliliği desibelmetre denen bu aletle ölçülür.*

Ölçek üzerindeki her 10 dB'lik artış, 10 kat daha şiddetli ses anlamına gelir. Örneğin 0 dB ses insanların duyabileceği en düşük sestir. 10 dB'lik bir ses 0 dB'lik sesten 10 kat daha fazla enerjiye sahiptir. 20 dB'lik bir ses 0 dB'lik sesten 100 kat, 30 dB'lik bir ses ise 0 dB'lik sesten 1 000 kat fazla enerjiye sahiptir. Yandaki görsel, ses seviyesini ölçmekte kullanılan bir desibelmetreyi göstermektedir.

85 dB'lik bir ses, bir kişinin işitme duyusunda hasar meydana gelmesi için başlangıç sınırıdır. Hasarın tipi, sesin yüksekliğine ve bir kişinin sese maruz kaldığı sürenin uzunluğuna bağlıdır. Örneğin sekiz saatten fazla bir süre 85 dB'lik bir sese maruz kalmak işitme kaybına neden olabilir. Günlük yaşamda çim biçme makinelerinin sesi, yoğun trafik ve gürültülü restoranlar yaklaşık 85 dB'lik sese denk gelmektedir. Yaklaşık bir buçuk saat 110 dB'lik sese maruz kalmak işitme kaybına neden olabilir. Araba kornası sesi, bilgisayar oyun salonu, motorlu testere ve ağlayan bir bebek yaklaşık 110 dB'lik ses üretir. ***Görsel 3.87***'ye bakarak günlük yaşantınızda duyduğunuz bazı seslerin dB cinsinden değerlerini karşılaştırınız.



Görsel 3.87: *Ses dalgalarının taşıdığı enerji desibel birimi ile ölçülür.*

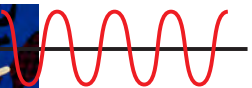
Görsel 3.88: *Gürültü, düzensiz ses dalgalarından oluşur.*

Dünya Sağlık Örgütüne göre ne kadar uzun veya düzenli olduğuna bakılmaksızın 70 dB'den daha düşük ses seviyeleri canlı organizmalara zarar vermez. Yoğun bir yol veya otoyolun yakınında günde 8 saat çalışıyorsanız, muhtemelen 85 dB civarındaki trafik gürültüsü kirliliğine maruz kalırsınız.

Uluslararası Standartlar Örgütü'nün ortaya koyduğu rahatsızlık duyma noktasının başlangıcı yaklaşık 60 dB'dir. Bu yüzden ses düzeyi 60 dB'den büyük olan ortamlarda uzun süre kalındığında işitme sorunları ile karşılaşılabilir. 120 dB'lik bir ses, kulaklarımızda hasara neden olabilir. Böyle bir ses, 30 dB'lik bir gazete hışırtısının yaklaşık 1 milyar katıdır. Sizce bu düzeydeki bir sesi nerede duyabiliriz?

Bir matkap sesi ile bir sanatçının söylediği şarkı arasındaki fark nedir? "Matkap sesi gürültü, şarkı söylemek ise bir müziktir." diyebilir misiniz? Peki, gürültü nedir? Müzik nedir? Bu seslerin dalgaları arasındaki fark nedir? Bir matkabın çıkardığı sesten rahatsız olurken bağlama ile çalınan bir müzik parçasından rahatsız olmayabilirsiniz. Düzensiz frekanslı sesler **gürültü** olarak adlandırılır. Müzik ise rastgele seslerden değil, belli frekanslardaki seslerden oluşur.

Neşet Ertaş



Bağlamadan çıkan hoş bir ses dalgası

Matkaptan çıkan rahatsız edici bir ses dalgası

Görsel 3.89: *Bağlama, düzenli bir ses dalgası üretirken matkabın ürettiği ses dalgası düzensizdir.*

Bunları biliyor musunuz?

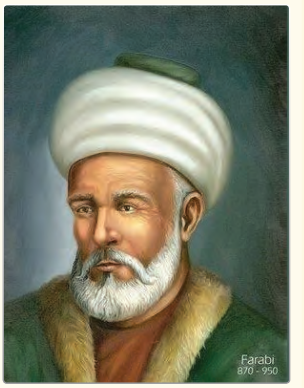
Ses düzeyini belirlemek için kullanılan ilk birim "bel" dir. Bu ad, telefonu icat eden Alexandre Graham Bell'in (Aleksandır Graham Bel) onuruna verilmiştir. Ancak ses düzeylerine verilen değerler pratik uygulamalar için çok büyüktü. Dolayısıyla "bel"'in onda bir oranında azaltılmasıyla elde edilen "desibel" biriminin kullanılmasına geçilmiştir.

Ses kirliliği hipertansiyon, işitme kayıpları, uyku bozuklukları, çocuklarda gelişim bozuklukları, psikolojik bozukluklar gibi olumsuz etkilere neden olabilmektedir.

Ses kirliliğinden kaçınmak için

- Yüksek ses seviyelerine maruz kaldığınızda kulaklık takınız.
- Olabildiğince yoğun trafikten uzak bir bölgede yaşayınız.
- Kulaklığınızla yüksek ses seviyelerinde müzik dinlemeyiniz.
- Mümkünse yüksek ses seviyelerine maruz kalan işleri yapmaktan kaçınınız.

Farabi'nin Ses Hakkındaki Görüşü



870 yılında Türkistan'da eski bir yerleşim merkezi olan Farab'da doğdu. Hayatı hakkında sağlam ve ayrıntılı bilgi pek yoktur. İlk öğrenimini doğduğu yerde yaptı. Gençliğinde Türkistan'dan göç ederek bir süre İran'da dolaştı. Daha sonra o zamanın ilim ve sanat merkezi olan Bağdat'a gelerek yüksek öğrenimini burada tamamladı. Böylece anadili olan Türkçeden başka Farsça ve Arapçayı, Hristiyan hocalardan Latince ve eski Yunancayı öğrendi.

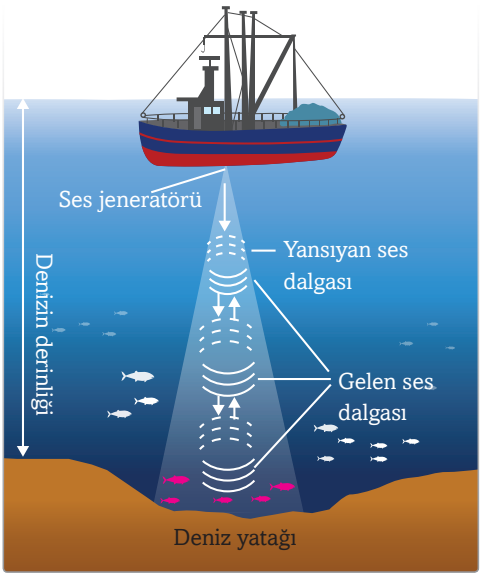
Farabi ilimleri fizik, matematik, metafizik ilimler diye üçe ayırdı. Onun bu metodu, Avrupalı bilginler tarafından kabul edildi. Hava titreşimlerinden ibaret olan ses olayının ilk mantıklı izahını Farabi yaptı. O, titreşimlerin dalga uzunluğuna göre azalıp çoğaldığını deneyler yaparak tespit etti. Bu keşfiyle musiki aletlerinin yapımında gerekli olan kaideleri buldu.

https://akademiye.org/tr/?p=122

NE ÖĞRENDİNİZ? Ses seviyesi ne demektir?

Ses Dalgalarının Çeşitli Alanlarda Kullanımı

Bir kaynaktan çevreye yayılırken sert ve düz bir engele çarpıp kaynağa doğru yansıyan ses dalgalarına **yankı** denir. Sesin bir engele çarpıp yansıma özelliği çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Örneğin denizcilikte sonar adı verilen cihaz ile balık sürülerinin yeri tespit edilebilir. Sonar, ses dalgalarının özelliklerinden yola çıkarak herhangi bir cismin uzaklığını, boyutunu, hızını ölçen sistemlere verilen addır. Teknenin altında bulunan bir sonar cihazı suya ses dalgası gönderir. Bu ses dalgası bir balık sürüsüne çarparsa geri yansır ve bu dalgalarının tekneye ulaşma süresine göre balıkçı sonar cihazının ekranında balıkların ne kadar uzakta olduğunu anlar. Aynı zamanda sonar, denizaltılarda derinlik hesaplamak ve diğer düşman denizaltılarını bulmak, arama kurtarma gemilerinde batık gemilerin yerlerini bulmak, araştırma gemilerinde deniz tabanındaki fay hatlarını tespit etmek için kullanılır.



Görsel 3.90: *Yankının teknolojide kullanım örneği*

Tıpta ultrason denen bir teknik ile anne karnındaki bebeklerin gelişimi, sağlık durumu ve cinsiyeti öğrenilebilmektedir. Bunun yanında insan ve hayvan sağlığında yumuşak dokulardaki organların sağlık durumu ve ilgili iç organın hastalıklı olup olmadığı anlaşılır. Doktorlar ultrason adı verilen cihaz ile iç organlarımızın görüntüsünü ekrana aktarırlar. Bu görüntülerin oluşabilmesi için ilgili organa insanların işitemediği ses dalgaları gönderilir. Gönderilen ses dalgaları iç organlar tarafından yansıtılır. Yansıtılan ses dalgası bilgisayarda anlamlı bir görüntüye dönüştürülür.

Görsel 3.91: *Ultrason tekniği ile doktorlar iç organlarınızı görüntüleyebilirler.*

Görsel 3.92: *Böbrek taşları ses dalgaları ile kırılabilir.*

Görsel 3.93: *Bir sanatçı tarafından ses dalgalarının bir görselde kullanılması.*

Ayrıca yüksek enerjili ses dalgaları ile böbrek taşları kırılabilmektedir. Bu işlemde önce röntgen ile yeri belirlenen taşa jeneratörden üretilen ses dalgaları gönderilir. Ses dalgaları belli bir frekansta üretilir ve işlem sırasında frekans artırılabilir. Bu metot böbrekte bulunan 2 cm'den küçük boyuttaki taşlara ve idrar kanalında (üreterde) ise 1 cm'den küçük boyuttaki taşlara uygulanır ***(Görsel 3.92)***.

Bunların yanında ses dalgaları bazı sanatçılara ilham kaynağı olabilmektedir ***(Görsel 3.93)***. Bazı sanatçılar ses dalgalarından üretilmiş grafikleri çeşitli görsellerde kullanmaktadırlar. Örneğin Çinli bir tercümanın çalışmalarında veya okyanusun ses dalgaları sanatsal bir çalışmada ilham kaynağı olabilir.

Ayrıca holografi denen bir görüntüleme tekniği ile ışık ve ses kaydedilip istenen bir zaman ve mekânda yeniden oluşturulabilir. Holografi, çoğunlukla bilimsel ve teknolojik uygulamalarda ya da sanatçılar tarafından pek çok ülkede sanat alanında da kullanılmaktadır.

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- Her kelimeyi ayrı bir cümlede kullanınız: **genlik, şiddet, perde, pes, tiz**
- Kendi cümlelerinizle **tını** kavramını tanımlayınız.

AÇIKLAYINIZ

1. Su altındaki batıkların yerlerinin nasıl tespit edildiğini açıklayınız.

2. Bir müzik aleti olan akordeonun çıkardığı ses "müzik" olarak nitelendirilirken bir matkabın çıkardığı sese "gürültü" denir. Bu durumu nasıl açıklarsınız?

3. "Tiz" ve "pes" sesi tanımlayarak ses dalgasının frekansı ile ilişkisini belirtiniz.

4. Frekans ile ses yüksekliği arasındaki ilişki nedir?

TAHMİN

5. Sonar teknolojisi petrol ve maden yataklarının tespitinde kullanılabilir mi? Açıklayınız?

TARTIŞMA

6. Ses dalgasının genliği azaldığında moleküllerin arasındaki boşluklarını nasıl değiştiğini tartışınız.

7. Bir uçak evinizin üzerinden alçaktan uçarken pencereler zangırdar. Bunun sebebini tartışınız.

UYGULAMA

8. Piyanoda ses, piyanonun içindeki teller aracılığıyla üretildiği hâlde bu müzik aleti vurmalı çalgılar sınıfına sokulur. Bunun sebebini araştırınız.

3.5. DEPREM DALGASI

Konu

- Deprem Nasıl Oluşur?

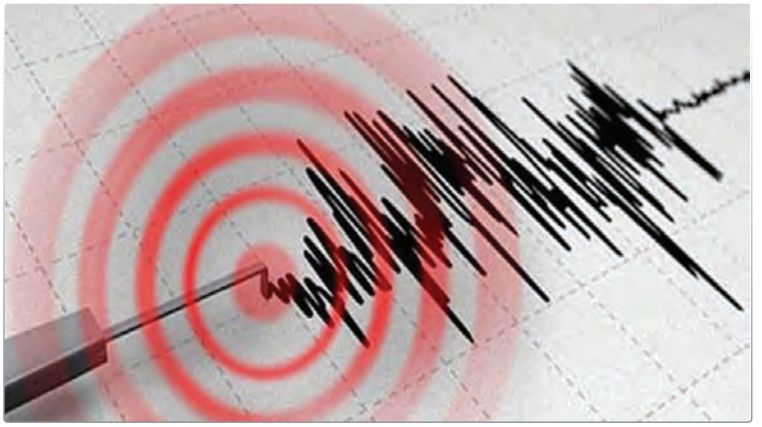
Anahtar Kavramlar

- deprem dalgası

Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Deprem dalgasını tanımlayabileceksiniz.
- Deprem kaynaklı can ve mal kayıplarını önlemeye yönelik çözüm önerileri geliştirebileceksiniz.

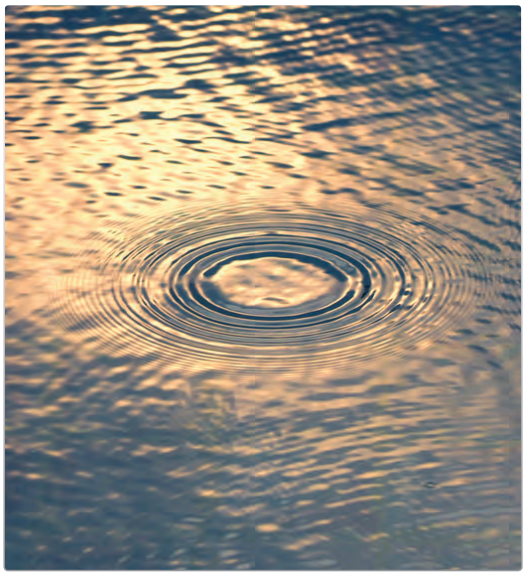
Görsel 3.94: *1999 yılında meydana gelen büyük Gölcük depremi yaklaşık 360 km ötedeki Ankara'dan hissedildi. Sizce sarsıntılar Ankara'ya nasıl ulaşmış olabilir?*



Görsel 3.95: *Depremin şiddeti deyince ne anlıyorsunuz?*

Görsel 3.96: *Bir depremde can ve mal kayıplarını önlemek için neler yapılmalıdır?*

Deprem Nasıl Oluşur?



Görsel 3.97: *Deprem dalgalarının yayılması, bazı yönlerden su dalgalarının yayılmasına benzerken bazı yönlerden benzemez. Sizce benzeyen ve benzemeyen yönler nelerdir?*

Bir göle çakıl taşı attığınızda su dalgalarının, taşın suya değdiği noktadan başlayan dairesel dalgalar şeklinde dışarı doğru ve bütün yönlerde yayıldığını biliyorsunuz. Dalgalar, taşın suya değdiği noktada belirginken bu noktadan uzaklaştıkça giderek sönükleşir ve bir süre sonra kaybolur. Benzer şekilde yer kabuğu içindeki kırılmalar sebebiyle ani olarak ortaya çıkan titreşimler, dalgalar hâlinde yayılarak geçtikleri ortamları sarsar ve yeryüzüne ulaşır. Bu olaya **deprem** denir. Şiddetli bir deprem sırasında yeryüzünde oluşan dalgalar tıpkı suda oluşan dalgalardaki gibi tepe ve çukur noktalara sahiptir. Deprem sırasında yerin hareketi ile binalar, ağaçlar, elektrik direkleri sallanarak yıkılabilir. Bu esnada bazen yerküreden sesler de gelebilir.

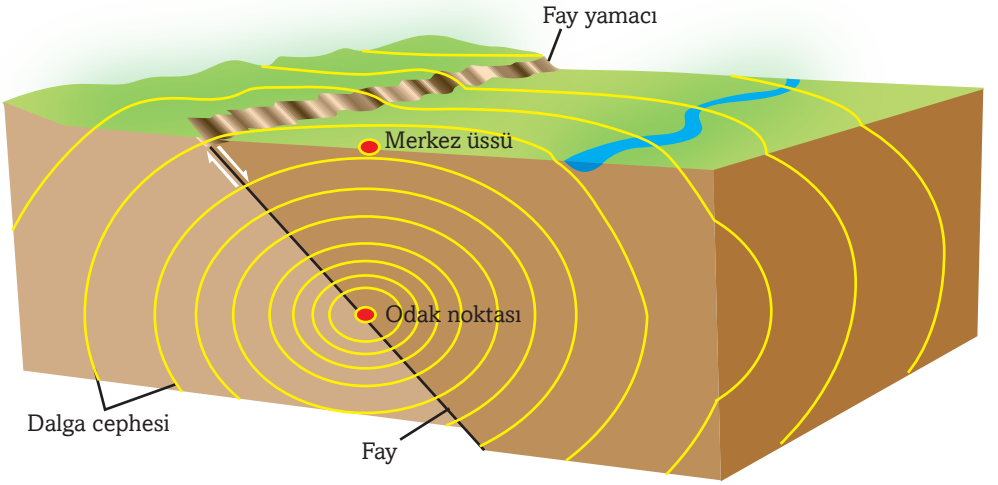
Dünya'da olan depremlerin büyük bir bölümünün sebebinin levha hareketleri olduğunu biliyor musunuz?

İki levha arasında harekete engel olan bir sürtünme kuvveti vardır. Sürtünme kuvveti aşıldığında bu levhalar hareket eder. Bu hareket çok kısa bir zaman diliminde gerçekleşir ve şok niteliğindedir. Levhalar hareket ettiğinde çok uzaklara kadar yayılabilen **deprem (sarsıntı) dalgaları** ortaya çıkar. Deprem dalgaları geçtiği ortamları sarsarak yıkımlara sebep olabilir. Bu dalgalar, depremin olduğu yerden uzaklaştıkça enerjisini kaybeder. Bu sırada yeryüzünde kilometrelerce uzanan **fay** adı verilen arazi kırıkları oluşabilir.

Sismik Dalgalar

Görsel 3.98: *Depremin nasıl oluştuğunu, deprem dalgalarının yerküre içinde ne şekilde yayıldıklarını, deprem ölçü aletlerini ve bunların nasıl kullanıldığını, deprem kayıtlarının değerlendirilmesini ve deprem ile ilgili diğer konuları inceleyen bilim dalına* ***deprem bilimi (sismoloji)*** *denir. Sismoloji, jeofiziğin alt koludur. Bu konu üzerinde çalışan bilim insanlarına ise* ***deprem bilimci (sismolog)*** *denir.*

Bazı faylar derinlerde bazı faylar yeryüzüne yakın veya yeryüzü üzerindedir. Kısacası fayların büyük çoğunluğu yeryüzünden 74 km'lik derinlikte yer almaktadır. Yerküre içinde kayaların kırılarak depremin enerjisinin ortaya çıktığı bölgeye **odak noktası** denir. Odak noktası, depremin merkezidir ve yerkürenin içindedir. Depremin odak noktasının tam üzerinde yeryüzündeki noktaya ise **merkez üssü** adı verilir. Deprem dalgaları yeryüzünde ilk olarak merkez üssüne ulaşır. Yeryüzündeki en şiddetli sarsıntı merkez üssünde meydana gelir. ***Görsel 3.99***'daki şekli inceleyerek odak noktası ve merkez üssü kavramlarını daha iyi anlamaya çalışınız. Deprem dalgaları **sismik dalgalar** olarak da bilinir. Bilim insanları sismik dalgaları inceleyerek depremler ve yerin iç kısımları hakkında önemli bilgiler edinirler. Deprem dalgaları enine ve boyuna dalgaların birleşimidir. Bu dalgalar yer kabuğunda yayılabilir. Bir deprem sırasında yer kabuğu ne kadar fazla hareket ederse o kadar daha fazla enerji açığa çıkar.

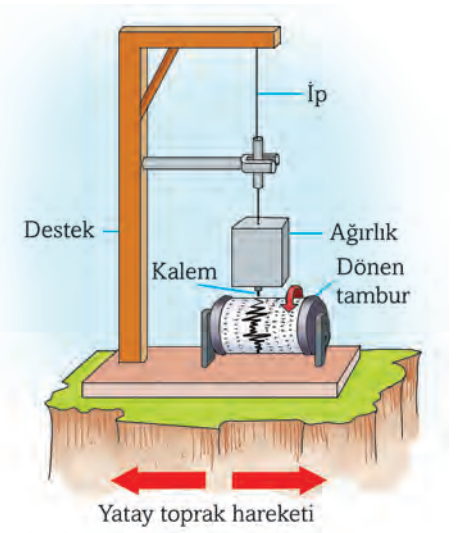


Görsel 3.99: *Bu şekil, bir depremin odak noktası ile merkez üssü arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Sizce en güçlü sismik dalgalar nerede oluşur?*

Depremin Büyüklüğü ve Şiddeti

Bir depremin tek bir büyüklüğü olduğunu ancak birçok şiddet değeri olduğunu biliyor muydunuz? Bir depremin odak noktasından uzaklaşıldıkça depremin şiddeti azalır. Bir deprem esnasında sarsılma şiddeti yüzey malzemenin türünden büyük ölçüde etkilenir. Yüzey yumuşak bir toprak ise sert kayadan daha fazla sallanır.

Yer sarsıntılarının büyüklüğünü, süresini, merkezini ve saatini saptamaya yarayan aygıta **sismograf** denir. ***Görsel 3.100***'deki şekilde görüldüğü gibi basit bir sismograf, bir ucu sabit bir dayanağa bağlanmış bir ip ile bu ipin ucuna bağlanan, yay ile desteklenmiş, üzerinde kâğıt kaleminin bulunduğu bir ağırlıktan oluşur. Kalem, etrafına kâğıt sarılmış döner bir tambura değmektedir. Yerkürede herhangi bir sarsıntı olmadığında kalemin bıraktığı izler düz çizgiler hâlinde olmaktadır. Deprem olduğunda ağırlık, hemen hemen hareketsiz kalırken aygıtın öteki bölümleri hareket eder. Bu sırada ağırlığın ucundaki kalem, karşısındaki kâğıda, sarsıntı titreşimlerini geçirir. Kalemin kaydettiği çizgiler, depremden kaynaklanan hareketi gösterir. Sismografların kaydettiği, zamana karşı sismik dalgaların değişimini gösteren kayıtlara **sismogram** adı verilir.



Görsel 3.100: *Yer sarsıntılarının büyüklüğünü, süresini, merkezini ve saatini saptamaya yarayan araca* ***sismograf*** *denir. Sismograf, sarkaç esasına dayanır.*

Günümüzde, gözlemevlerinde daha çok benzer mekanik düzenekten yola çıkılarak salınımları değişik elektronik aygıtlarla yükseltip otomatik olarak saptayan, çok daha duyarlı sismograf türleri kullanılmaktadır. ***Görsel 3.100***'deki şekil, basit bir sismografın çalışma ilkesini göstermektedir.

Sismologlar kâğıt üzerinde kaydedilen sismogramları inceleyerek bir depremin büyüklüğünü belirler. Sismogramda büyük genlikli çizgiler, meydana gelen depremin daha güçlü olduğunu gösterir. Depremlerin büyüklüğü ve şiddeti, genellikle birbirine karıştırılan iki kavramdır. Büyüklük, depremin kaynağında açığa çıkan enerji ile ilişkili bir değerdir ve sismogramlar ile belirlenir. Şiddet ise deprem bölgesindeki hasara göre belirlenen bir değerdir.

Aşağıdaki çizelge depremin büyüklüğü ile şiddetini karşılaştırmalı olarak göstermektedir.

Tablo 1.3: *Tablo: Şiddet ve büyüklük değerleri arasındaki dönüşümler*

Büyüklük	Şiddet	Etki	Dünya'daki yıllık deprem sayısı
0'dan 1,9'a	I	Sadece aletler kaydeder.	Çok fazla sayıda
2'den 2,9'a	II	Çok hassas olanlar hisseder. Asılı objeler sallanır.	300 000
3'ten 3,9'a	III	Bazı insanlar hisseder. Ağır bir kamyon geçiyor gibi titreme olur.	49 000
4'ten 4,9'a	IV – V	Pek çok insan hisseder. Asılı objeler sallanır. Tabaklar, pencereler şangırdar ve kırılabilir.	6200
5'ten 5,9'a	VI	Herkes tarafından hissedilir. İnsanlar korkar. Bacalar devrilir.	800
6'dan 6,9'a	VII – IX	İnsanlar paniğe kapılır. Binalar güçlü sarsıntıdan etkilenir.	120
7'den 7,9'a	X – XI	Halk içinde yaygın bir panik durumu olur. Sağlam binalar ayakta kalır. Yer kabuğunda büyük kırılmalar oluşur. Heyelanlar meydana gelir.	18
8'den 8,6'ya	XII	Her yer harap olur.	0,2 (3-5 yılda bir)

Bunları biliyor musunuz?

Depremin büyüklüğü, deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi olanağı olmadığından Amerikalı bilim insanı Richter (Rihter) tarafından 1935 senesinde bulunan bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan "büyüklük" kavramı tanımlanmıştır.

www.koeri.boun.edu.tr

Bir depremin meydana getirdiği yıkımın derecesi; depremin büyüklüğüne, depremden etkilenen nüfusa, deprem bölgesindeki binaların dayanıklılığına ve depremin olma zamanına bağlıdır. 12 Ocak 2010 tarihinde Haiti'de meydana gelen 7 büyüklüğündeki depremde resmî kayıtlara göre 316 bin kişi hayatını kaybetmiş, 300 bin kişi yaralanmıştır.

17 Ağustos 1999 tarihinde Türkiye'de meydana gelen 7,5 büyüklüğündeki Gölcük depreminde ise 17 480 kişi hayatını kaybetmiş, 23 781 kişi yaralanmıştır. Sizce büyüklüğü daha küçük olan Haiti depreminde neden daha fazla kişi hayatını kaybetmiştir? Şimdi 3.6 etkinliğini yaparak deprem dalgalarının nasıl kaydedildiğini ve ortamın deprem dalgalarını nasıl etkilediğini daha iyi anlayınız.

ETKİNLİK 3.6 Sismografik Kayıt

Araç ve Gereçler

- ayakkabı kutusu
- paket lastiği
- keçeli kalem
- kum
- taş
- gazete kâğıdı
- beyaz kâğıt
- yaklaşık 40 x 40 cm boyutlarında mukavva

Etkinliğin Amacı

Bir model tasarlayarak deprem dalgalarının nasıl kaydedildiğini anlamak

Bunları Yapınız

- Ayakkabı kutusunun kapağında köşegenlerin kesişim noktasına yakın bir yere X işareti koyunuz.
- Kapağı açınız ve kutuyu kumla doldurunuz.

• Bir keçeli kalemi kutunun kapağına iki ya da üç paket lastiği ile sıkıca tutturunuz. Kalemi fotoğraftaki gibi kutunun kenarından dışarı çıkacak şekilde uzatınız.

• Mukavva üzerine yapıştırdığınız beyaz kâğıdı fotoğrafta olduğu gibi kalemle temas edecek şekilde tutunuz.

• X noktasının 30 cm üzerinden bir taş tutunuz. Arkadaşınız kâğıdı kaleme yavaşça değecek şekilde tutarken siz de taşı bırakınız.

• Kâğıt üzerinde elde edilen çizgileri kutu içindeki malzemeyle ilişkilendirerek yorumlayınız.

• Daha sonra kutunun içindeki kumun 2/3'ünü boşaltınız ve kutuyu gazete kâğıdı ile doldurunuz. Kapağı kapatınız ve kalemi paket lastiği ile fotoğraftaki gibi sabitleyiniz.

• Yukarıdaki adımları tekrarlayınız.

Soruları Cevaplayınız

• Kâğıt üzerindeki çizgiler neyi temsil etmektedir?

• Kum ve gazete kâğıdı neyi temsil etmektedir?

• 6. adımda elde edilen çizgileri 8. adımda elde edilen çizgilerle karşılaştırınız. Taş üzerine düştüğünde içinde hangi malzeme varken taş daha fazla titreşmiştir? Bir malzeme neden diğerinden daha fazla titreşir? Açıklayınız.

• Yer kabuğunu oluşturan farklı tür maddeler üzerinden geçen sismik dalgaları nasıl etkiler?

Depremlerin Yol Açtığı Olumsuz Sonuçlar

Depremler, meydana geldiği bölgedeki nüfus yoğunluğuna bağlı olarak özellikle insanlar üzerinde birçok olumsuz etki yaratmaktadır. Bunlar maddeler hâlinde şöyle sıralanabilir:

1) Can kaybının yanı sıra büyük oranda yaralanma ve sakat kalmalara neden olmaktadır.

2) İnsanların evleri ve iş yerleri yıkılmaktadır. Barınma sorunu ortaya çıkmaktadır.

3) Deprem sonrasında içme suyu şebekesinin tahrip olması nedeniyle çevre ve toplum sağlığı bozulmaktadır. Bu durum da salgın hastalıklara neden olmaktadır.

4) Depremden kaynaklanan olumsuzluklar insanların psikolojik durumlarını ve sosyal yaşamlarını da etkilemektedir. İnsanların fiziksel ve psikolojik travmaları, panik ve korkuları uzun yıllar sürmektedir.

Sizce depremlerin yol açtığı başka olumsuz sonuçlar nelerdir? Bir araştırma yaparak elde ettiğiniz bilgileri sınıfınızda arkadaşlarınızla paylaşınız.

Görsel 3.101: *Deprem, can ve mal kaybının yanında insanların sosyal yaşamlarını da etkilemektedir.*

Görsel 3.102: *Deprem anında neler yapmanız gerektiğini öğrenmelisiniz.*

Bir Depremde Nasıl Davranmalıyız?

Depremleri önlemek olanaksızdır. Ancak günümüzde bilinçli ve etkili yöntemler ile deprem hasarlarının azaltılması mümkün olmaktadır.

Deprem ile yaşamak zorunda olan ülkelerde bu doğrultuda büyük çabalar gösterildiği ve başarılı sonuçlar alındığı bilinmektedir.

Aşağıda deprem tehlikesine karşı alınabilecek önlemler sıralanmıştır. Bu önlemleri öğrenerek depreme karşı daima hazırlıklı olunuz.

Deprem Öncesinde

• Öncelikle yaşadığınız yerleşim biriminin deprem tehlikesi hakkında doğru bilgileri öğreniniz.

• Aile bireyleri arasında olağanüstü bir durumda nasıl davranacağınızı konuşunuz.

• Her odada üzerinize bir şeyin düşmeyeceği sağlam bir yer seçiniz.

• Yere yatma, başını koruma ve bir şeye tutunma tekniğini öğreniniz.

• Kitaplık, elbise dolabı, vestiyer, buzdolabı vb. kolay devrilebilir eşyaları duvarlara veya döşemeye üzerinize devrilmeyecek şekilde sabitleyiniz.

• Kırılabilecek eşyalarınızı koyduğunuz dolaplara sağlam kilitler takınız.

• Olağanüstü durumlarda kullanacağınız malzemelerin olduğu bir çanta hazırlayınız. Bu çantada yedek piller, el feneri, radyo, su, enerji veren yiyecekler, gerekli ilaçlar, ilk yardım malzemeleri, düdük, iş eldiveni vb. olmalıdır.

Deprem Sırasında

• Bina içindeyseniz sakin olmaya çalışıp cesaretinizi toplayınız.

• Büyük bir depremde ayakta durmanız, koşmanız mümkün değildir. Deprem anında çömeliniz ya da döşemeye yatınız.

• Sağlam bir masa, sıra, mobilya veya kapı kasasının altına giriniz ve başınızı koruyunuz.

• Pozisyonunuzu sallantı duruncaya kadar değiştirmeyiniz.

• Tiyatro, okul, sinema, büro gibi kalabalık yerlerde iseniz kesinlikle merdivenlere, asansörlere koşmayınız. Kendinizi koltuk, sıra gibi yerlerde korumaya alınız. Sakin olunuz ve başkalarını da aynı şekilde davranmaya davet ediniz.

• Bina dışında iseniz binalardan dökülecek yıkıntılardan ve camlardan kendinizi koruyunuz. Binalardan, elektrik direklerinden uzakta güvenli bir yerde depremin durmasını bekleyiniz.

• Araç kullanıyorsanız ve bulunduğunuz yer güvenli ise durunuz ve aracın içinde kalınız.

• Köprülerden, üst geçitlerden ve tünellerden uzak durunuz.

Deprem Sonrasında

• Büyük bir depremden sonra artçı depremler mutlaka devam edecektir. Bu depremlere karşı hazırlıklı olunuz.

• Özellikle ilk üç gün içerisinde yetkililer izin vermedikçe sağlam evlerinize dahi girmeyiniz. Çünkü bazı artçı sarsıntılar, zayıflamış yapılarda yeni hasar yapacak kadar büyük olabilir.

• Aile bireylerinizi bir arada tutunuz ve açık bir yerde bekleyiniz. Etrafınızda yaralı varsa onlara ilk yardım yapınız.

• Evinizi veya binanızı terk ederken yanınıza biraz yiyecek ve su, mevsim kış ise kalın giyecekler ve battaniye alınız. Kıymetli eşyalarınızı da almayı unutmayınız.

• Yıkıntılar arasında, cadde ve sokaklarda gelişigüzel dolaşmayınız.

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- Kendi cümlelerinizle **depremin şiddeti ve büyüklüğü, merkez üssü** ve **odak noktası** kavramlarını tanımlayınız.

TAHMİN

4. Deprem tehlikesi yüksek bir şehri incelemekle görevlendirilmiş bir bilim insanı olduğunuzu farz ediniz. Olabilecek bir depremdeki mal ve can kaybını tahmin etmek için ne yaparsınız?

5. Bir sismograf diyor ki "Sadece iki yerde deprem dalgası varsa bilim insanlarının depremin merkez üssünü bulması zorlaşır." Sizce neden?

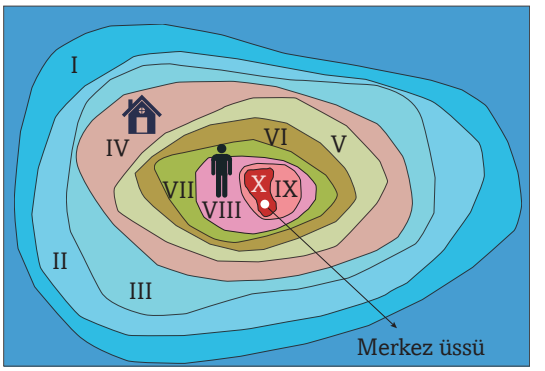
6. Orta büyüklükteki bir deprem büyük şiddetli olabilir. Neden?

AÇIKLAYINIZ

1. Deprem neden meydana gelir?

2. Deprem dalgaları neden mekanik dalgalardır?

3. Her depremde bir büyüklük olmakla birlikte birden çok şiddet olabilir. 8 büyüklüğündeki bir deprem, aşağıdaki şekilde olduğu gibi evde IV şiddetinde, çocuğun bulunduğu yerde ise VIII şiddetinde hissedilebilir. Bunun nedenini açıklayınız.



ARAŞTIRMA

7. Deprem, Dünya'nın hangi bölgelerinde daha sık meydana gelir?

8. Deprem dalgaları hangi tür yeryüzü yapılarına daha az zarar verir? Toprak mı kayalık mı?

Fizik ve Tarih

Tacoma Narrows Köprüsü

Tacoma Narrows (Takoma Narrovs) Köprüsü Amerika'nın Washington eyaleti Tacoma şehrinde 2 yıllık bir inşaat sürecinden sonra 1 Haziran 1940 tarihinde kullanıma açılmıştır. Ancak açılışından 4 ay sonra yaklaşık 67 km/h hızla esen bir rüzgârın sebep olduğu rezonans olayından dolayı yıkılmıştır. 853 metre uzunluğunda, 11,9 metre eninde inşa edilen bu köprü o yıllardaki en büyük projelerden biriydi. Köprü proje hatasından dolayı daha ilk günlerde yukarı-aşağı ve sağa-sola salınmaya başlamıştır. Köprü, yapımından yaklaşık 4 ay sonra 67 km/h hızla esen rüzgârla rezonansa girerek yıkılmıştır. Hâlbuki köprünün 140 km/sa gibi bir rüzgâra dayanması öngörülüyordu. 7 Kasım 1940'ta rüzgârın etkisiyle rezonansa giren köprü önce 0.6 Hz frekansla 0.5 m yukarı-aşağı salınım yapmaya ardında da 0.2 Hz'lik burulma salınımına başlamıştır. Düzgün esen rüzgâr sonucunda giderek şiddetlenen salınımların frekansı köprünün öz frekansı ile çakışmış ve gitgide artan frekans karşısında köprü dayanamayıp yıkılmıştır.

Eleştirel Düşünme: *Askerlerin bir köprünün üstünden geçerken rezonans olayını önlemek için "uygun adım" düzeninde yürütülmediği söylenir. Sizce mantıklı mıdır?*

Sonar Nedir?

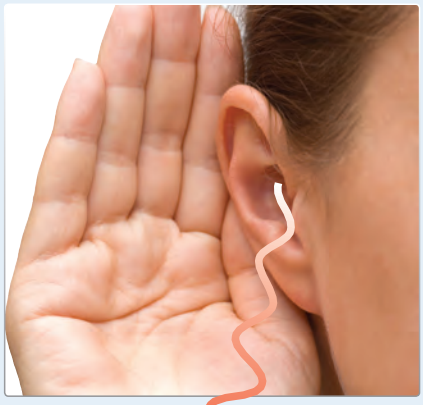
Sonar cihazı, 20. yüzyılın başlarında buz dağlarının yerini tespit etmek ve bu sayede gemi kazalarını önlemek için kullanılmaya başlanmıştır. I. Dünya savaşı sırasında ise Alman denizaltılarını tespit etmek için yapılan bilimsel çalışmalar sayesinde önemli şekilde geliştirildi. Günümüzde balıkçılar, balık sürülerini tespit etmek için sonar cihazını çok sık kullanmaktadır. Bunun yanında deniz bilimcileri, deniz ve göl tabanlarını haritalamak için sonarı kullanır.

Sonar, denize düşen uçak ve batan gemi enkazlarının bulunmasında da kullanılmaktadır. Bu çalışmalardan en bilineni 1912 yılında batan ünlü yolcu gemisi Titanik'tir. 1985 yılında, Robert Ballard (Rabırt Balard) liderliğinde Fransız ve Amerikalılardan oluşan bir ekip "Yandan Taramalı Sonar" denen bir cihaz kullandılar. Bu tip sonarlar deniz dibinin iki boyutlu resmini çıkarmak için kullanılır. Bunun için 20 kHz ile 500 kHz aralığında ses dalgaları kullanılır. Uzun çalışmalar sonucunda Robert Ballard ve ekibi 3 bin 657 metre derinde yatan Titanik'in ilk fotoğraflarını çekmeyi başarmışlardır.

Eleştirel Düşünme: *Sonar I. ve II. Dünya savaşlarının sonucunu etkilemiş midir? Sonarın günlük hayatta kullanılabilecek yerleri için ne düşünmektesiniz?*

Fizik ve Teknoloji

Gürültü Kirliliği ve İşitme Kaybı



Dünya Sağlık Örgütü'nün hazırladığı rapora göre 32 milyonu çocuk olmak üzere 360 milyondan fazla insan, işitme kaybı sorunu yaşamaktadır. Türkiye'de bu sayı yaklaşık 2,2 milyondur. Aşırı gürültüye maruz kalmak işitme kaybının en sık görülen sebebidir. Birçok genç yüksek şiddetli müzik dinlemeyi sevmektedir. Ancak yüksek şiddette ses, işitme duyusuna zarar verir. Bir konserde hoparlöre çok yakın durduysanız birkaç gün sonra kulaklarınızda çınlama hissetmiş olabilirsiniz. Böyle bir durumda işitme kaybı oluşabilir.

Yüksek şiddette müzik dinlemek gürültü kirliliğinden kaynaklanan işitme kaybının tek nedeni değildir. Diğer çevresel gürültü türleri de kulaklarınıza zarar verebilir. Örneğin ateşli silah sesi hatta bir gök gürültüsü gibi yoğun ve kısa süreli bir gürültü de işitme kaybına neden olabilir. Ayrıca motorlu testerenin veya bir matkabın sesi gibi nispeten daha az şiddetli fakat daha uzun süreli gürültüye maruz kalmak da işitme duyunuza zarar verebilir.

İç kulakta 20-30 bin civarında tüy şeklinde duyu alıcısı olan sinir uçları vardır. Ses dalgaları bu tüylere ulaştığında bir sinyal oluşur. Sinyaller beynin işitme merkezine mesajlar gönderir. Ancak çok şiddetli sesler iç kulaktaki sinir uçlarını ölmesine sebep olabilir. Şiddetli sese ne kadar uzun süre maruz kalınırsa hasar o kadar gelişir.

Yüksek şiddette dinlenen müziğin yanı sıra müzikçalar ve cep telefonu kullanımındaki artışın gençlerdeki işitme kaybından sorumlu olduğu düşünülmektedir. Kişilerdeki işitme kaybı, konuşma ve anlamayı da olumsuz etkiler.

İşitme hasarından kaçınmak için neler yapabilirsiniz?

Yapacağınız ilk şey televizyon ve müzikçalarınızın ses seviyesini düşürmektir. Kulaklık taktığınızda dinlediğiniz müzik ne kadar hoş olursa olsun mutlaka ses seviyesini düşük tutmalısınız. Ayrıca yüksek şiddetli sese dayalı müzik konserlerine giderseniz kulak tıkacı kullanmanız çok yararlı olacaktır. Tıkaç kullandığınızda kulaklarınız zarar görmeden tüm sesleri duyarsınız.

Müziğin ve dışarıdaki hayatının tadını çıkarın ama kulaklarınıza dikkat edin.

Eleştirel Düşünme: *Haberleşme, müzik dinleme, eğlence, sosyal medya ve iş uygulamaları amacıyla giderek daha fazla kullandığımız cep telefonları işitme duyumuzu neden olumsuz etkilemektedir?*

3. ÜNİTE DEĞERLENDİRME SORULARI

DOĞRU-YANLIŞ SORULARI

Aşağıdaki cümlelerin başına yargılar doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (...) Dalga hareketi ile hem enerji hem de ortam taşınır.

2. (...) Bir dalganın frekansı onu oluşturan kaynağın titreşim hızına bağlıdır.

3. (...) Bir dalganın frekansı arttıkça dalga boyu da artar.

4. (...) Titreşim doğrultusu yayılma doğrultusuna paralel olan dalgalara enine dalgalar denir.

5. (...) Esnek bir ortamda kısa süreli oluşturulan sarsıntıya atma denir.

6. (...) Bir yayda baş yukarı gelen atma, sabit uca ulaştığında baş aşağı gidecek şekilde yansır.

7. (...) Ses şiddeti ses dalgasının frekansına bağlıdır.

8. (...) Ses yüksekliği, sesleri ince veya kalın işitmemize neden olan ses özelliğidir.

9. (...) Mekanik dalgaların yayılması için maddesel ortama gerek vardır. Mekanik dalgalar, enine ya da boyuna dalgalar olarak ikiye ayrılır.

10. (...) Sesin işitme sağlığınıza zararlı olup olmadığı veya bir aracın gürültülü olup olmaması ses düzeyine bakılarak belirlenir.

11. (...) Tüm dalgalar bir yüzeye çarparak yansıdığında gelme açısı, yansıma açısına eşittir.

12. (...) Bir dalganın genliği ne kadar küçükse o kadar çok enerji taşır.

13. (...) Yüksek frekanslı dalgaların genliği küçüktür.

BOŞLUK DOLDURMA SORULARI

Aşağıdaki cümleleri kutucuklarda verilen ifadeleri kullanarak tamamlayınız.

- kalın
- sismograf
- frekans
- küçük
- ses seviyesi
- seyrekleşmesi
- düzeyi
- desibel
- genlik
- gürültü
- büyüklük
- 20000 Hz
- ince
- stroboskop
- şiddet
- 20 Hz
- ayrılması
- Farabi
- büyük
- Biruni
- perdesi
- 85 dB
- sıklaşması

1. Her bir saniyede oluşan dalga sayısına ..... denir.

2. Yüksek frekanslı titreşimler ..... ses üretir.

3. Belli bir hızla döndürülünce dalgaların durgun görünmesini sağlayan araca ..... denir.

4. Bir depremin kaynağında açığa çıkan enerji ile ilişkili değere ..... denir ve ..... denilen alet ile ölçülür.

5. Dalga tepesi ile denge noktası arasındaki mesafeye ..... denir.

6. Ultrason, frekansı ..... den büyük olan ses dalgalarına denir.

7. Bir ses dalgası, ortam taneciklerinin sırasıyla ..... ve ..... ile oluşur.

8. Düzensiz frekansta titreşen cisimlerin oluşturduğu sese ..... denir.

9. Bir kedi sesinin kaplan sesinden daha ince olmasının sebebi kedi sesinin frekansının daha ..... olmasıdır.

10. Sesin yüksekliği ses ..... olarak da bilinir.

11. Bir kişinin işitme duyusunda hasar meydana gelmesi için başlangıç sınırı olan ses seviyesi ..... 'dir.

12. Titreşimlerin dalga uzunluğuna göre azalıp çoğaldığını deneyler yaparak tespit eden İslam alimi ..... 'dir.

EŞLEŞTİRME SORULARI

Aşağıdaki ifadeleri ilgili oldukları kavramlarla eşleştirelim.

a) Richter
b) tını
c) odak noktası
ç) desibel
d) periyodik dalga
e) dalga tepesi
f) enine dalgalar
g) sismograf
h) Hertz
ı) genlik
i) stroboskop
j) rezonans
k) periyot

1. (...) Esnek bir ortamda eşit zaman aralıklarında oluşturulan sarsıntılara denir.

2. (...) Depremlerin aletsel bir ölçüsü olan "büyüklük" kavramını tanımlayan kişidir.

3. (...) Bir cismin enerjiyi soğurarak kendi doğal frekansında titreşime geçmesi olayıdır.

4. (...) Titreşim doğrultusu yayılma doğrultusuna dik olan dalgalara denir.

5. (...) Bir tam dalganın oluşması için geçen süredir.

6. (...) Çukur bir yüzeye gelen doğrusal su dalgaları bir noktada toplanıp tekrar dağılacak şekilde bu engelden yansır. Doğrusal dalgaların toplandığı bu noktaya denir.

7. (...) Enine dalganın en yüksek noktasına denir.

8. (...) Ses düzeyi birimidir.

9. (...) Yer sarsıntılarının büyüklüğünü, süresini, merkezini ve saatini saptamaya yarayan aygıta denir.

10. (...) Her ses dalgasının kendisine özel karakteristiğe sahip olmasına denir.

AÇIK UÇLU SORULAR

1. Okyanus tabanında meydana gelen bir deprem sonucu oluşan dalgalar bir adaya vurmaktadır. Adaya dalgalarla vuran su depremin olduğu bölgedeki su mudur yoksa kıyıdaki su mudur? Açıklayınız.

2. Ses perdesi artarsa

a) frekans
b) dalga boyu
c) dalga hızı
ç) dalganın genliği

niceliklerde nasıl değişiklikler meydana gelir?

3. Aşağıda fotoğrafı görülen arpın uzun telleri düşük notalar üretirken kısa telleri yüksek notalar üretir. Bir gitarda ise bütün teller aynı uzunluktadır. Gitarda farklı notalar nasıl üretilebilmektedir?

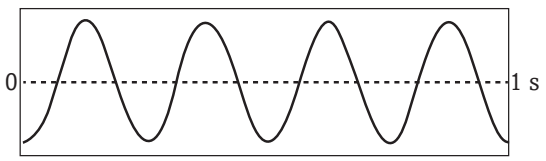
Arp

Gitar

4. Keman ve klarnet gibi müzik aletlerinin nasıl yapıldığını araştırınız. Keman tellerinin ve klarnet borusunun kalitesi çıkan müziği etkiler. Kaliteli bir müzik aleti ile daha ucuz olan müzik aleti arasındaki fark nedir?

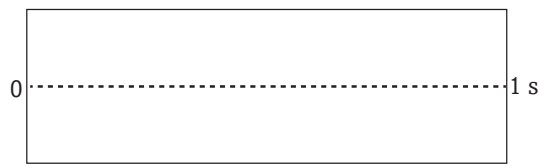
5. Bir bilim kurgu filminde gezegenin yüzeyinde büyük bir patlama meydana gelmektedir. Gezegene doğru giden uzay gemisindeki insanlar bu patlamayı görmekte ve duymaktadır. Bu gerçekçi midir? Açıklayınız.

6. Titreşen bir diyapazonun meydana getirdiği ses dalgasının şekildeki gibi olduğunu farz ediniz. Bu dalganın frekansını hesaplayarak şeklin altında ayrılan boşluğa yazınız.

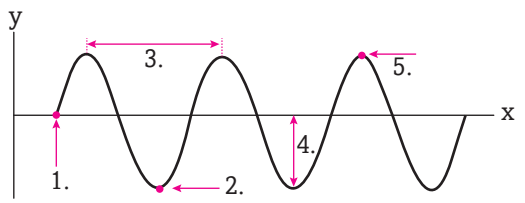


Frekans: .....

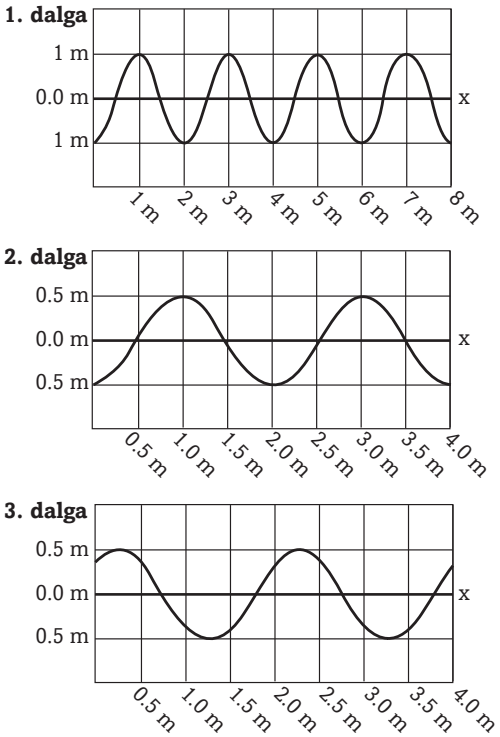
7. Aşağıda verilen kutuya 9 Hz frekanslı bir dalga çiziniz. Çizdiğiniz bu dalganın frekansını 6. soruda çizilmiş olan dalganın frekansı ile karşılaştırınız.



8. Aşağıdaki şekilde 1, 2 ve 5 ile gösterilen noktalara 3 ve 4 ile gösterilen aralıklara, bir dalgayı açıklamada kullanılan uygun kavramları yazınız. Yazdığınız bu kavramları tanımlayınız.



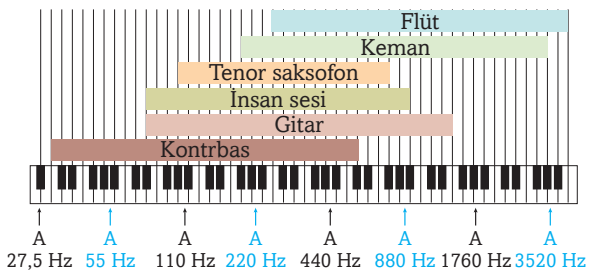
9.



a) Üç grafiğin her birinin dalga boyu ve genliğini belirleyiniz.

b) Verilen grafiklerde x ekseni üzerinde meydana gelen dalgaların oluşması için geçen süre 2 saniye olduğuna göre her bir dalganın frekansını bulunuz.

10. Aşağıdaki tablo bazı müzik aletleri ile insan sesinin ürettiği seslerin frekans aralıklarını vermektedir. Bu tabloya göre;



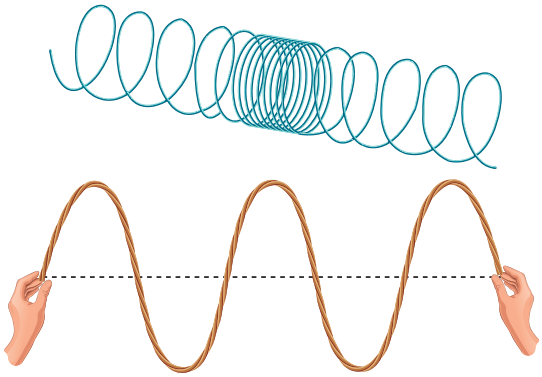
a) Hangi müzik aleti en geniş frekans aralığına sahiptir?

b) Hangi müzik aleti en kalın sesi üretebilir?

c) Hangi müzik aleti en ince sesi üretebilir?

ç) Görseldekilerden insan sesine en yakın frekansta ses üretebilen müzik aleti hangisidir?

11.



a) Şekildeki dalgalardan her birinin genliğini nasıl tanımlarsınız?

b) Şekildeki dalgaların daha fazla enerji taşıyacak şekilde tekrar çizseniz ne gibi değişiklik yaparsınız?

12. Akustik ile uğraşan bilim insanları bazen aşağıdaki fotoğrafta görüldüğü gibi ses dalgalarını soğuran odalarda araştırma yaparlar. Yarasaların yiyeceklerini nasıl bulduğunu incelemek için böyle bir oda nasıl kullanılabilir?

ÇOKTAN SEÇMELİ SORULAR

1. Belirli bir zamanda bir noktadan geçen dalga sayısına ne denir?

A) Dalga boyu B) Frekans
C) Genlik D) Periyot
E) Dalga şiddeti

2. Aşağıdaki ortamların hangisinde ses dalgası yayılamaz?

A) Demir B) Hava
C) Su D) Tahta
E) Uzay boşluğu

3. İki özdeş atma karşılaştığında ortaya çıkan atmanın genliği aşağıdakilerden hangisi olabilir?

A) Atmalardan birinin genliğinin yarısı kadar
B) Atmalardan birinin genliğine eşit
C) Atmalardan birinin genliğinin iki katı
D) Atmalardan birinin genliğinin üç katı
E) Atmalardan birinin genliğinin dört katı

4. Dalganın bir ortamdan başka bir ortama girerken bükülmesi olayına ne ad verilir?

A) Kırılma B) Yansıma
C) Girişim D) Yayılma
E) Rezonans

5. Alkışlama yapan bir kişi ellerini birbirine daha yakın olacak şekilde aynı sıklıkla vurmaya devam ederse çıkan seste ne gibi bir değişiklik olur?

A) Herhangi bir değişiklik olmaz.
B) Şiddet değişmez, frekansı artar.
C) Şiddet değişmez, frekans azalır.
D) Şiddet azalır, frekans değişmez.
E) Şiddeti artar, frekans değişmez.

6. Frekansı ölçmek için hangi birim kullanılır?

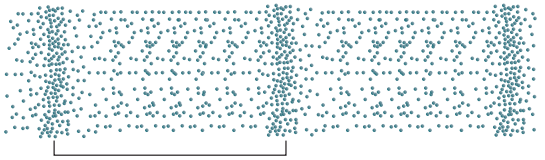
A) Hertz B) Desibel
C) Metre D) Saniye
E) Metre/Saniye

7. Aşağıdaki dalgalardan hangisi en hızlı yayılır?

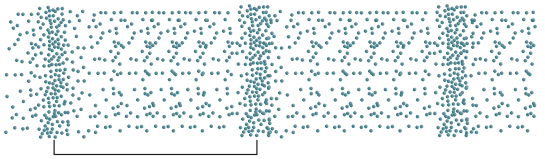
A) Denizdeki su dalgaları
B) Deprem dalgaları
C) Gitar telinden yayılan ses dalgaları
D) Bir lambadan yayılan ışık dalgaları
E) Su içinde yayılan ve sonar cihazından çıkan ses dalgaları

8. Aşağıda verilen ses dalgaları aynı hızda yayılıyorsa hangisinin frekansı daha büyüktür?

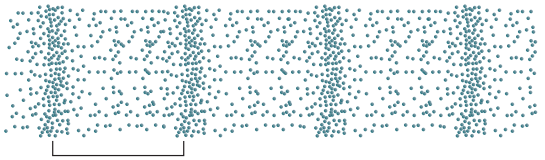
A



B



C



A) Bütün dalgaların frekansları aynıdır.

B) Bu görsellerden frekanslar tespit edilemez.

C) A dalgası

D) B dalgası

E) C dalgası

9. ***Tablo:*** *Desibel skalası*

Ses Kaynağı	Ses Seviyesi (dB)
Bir jet uçağının kalkışı	150
Çim biçme makinesi	100
Ortalama bir ev ortamı	50
Fısıltı	15

Yukarıdaki tablo desibel ölçeğinde bazı mekânların tipik ses seviyesi değerlerini göstermektedir. **Aşağıdaki değerlerden hangisi yaklaşık olarak gürültülü ses seviyesini belirtebilir?**

A) 20 dB B) 40 dB

C) 80 dB D) 120 dB

E) 150 dB

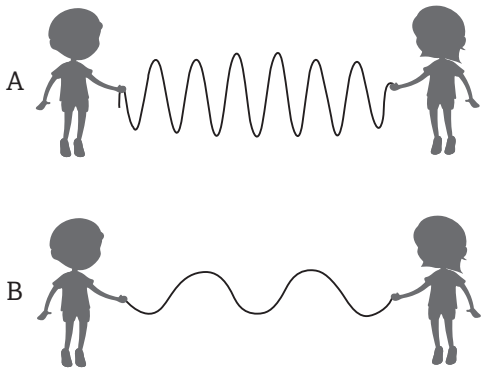
10. Su altındaki cisimlerin yerini belirlemek ve uzaklığını ölçmek için kullanılan aletlere ne ad verilir?

A) Sonogram B) Sismogram

C) Stroboskop D) Sonar

E) Desibelmetre

11.



Yukarıdaki şekilde iki öğrenci uçlarından tuttukları iplerle dalgalar oluşturmaktadırlar. **Bu dalgaların birbirlerine göre enerji ve frekans değerleri için aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?**

A) A'da frekans fazla taşınan enerji az.

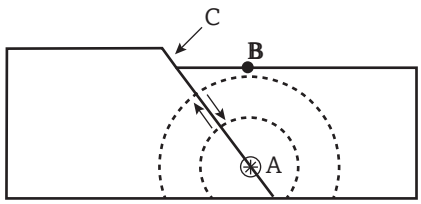
B) B'de frekans fazla taşınan enerji az.

C) A'da frekans az taşınan enerji az.

D) A'da frekans fazla taşınan enerji fazla.

E) B'de frekans az taşınan enerji fazla.

12 ve 13. soruları aşağıdaki şekle göre cevaplandırınız.



Yukarıdaki görsel bir depremin şematik gösterimini vermektedir.

12. A ile gösterilen yere ne ad verilir?

A) Faydır. B) Odak noktasıdır.

C) Fay yamacıdır. D) Sismik dalgadır.

E) Merkez üssüdür.

13. B ile gösterilen yere ne ad verilir?

A) Faydır. B) Odak noktasıdır.

C) Fay yamacıdır. D) Sismik dalgadır.

E) Merkez üssüdür.

14. Bir dalganın hızı aşağıdaki formüllerden hangisiyle hesaplanır?

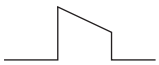
A) $v = \frac{\lambda}{f}$ B) $v = \lambda \cdot f$

C) $v = f + \lambda$ D) $v = T - \lambda$

E) $v = \lambda + T$

15.

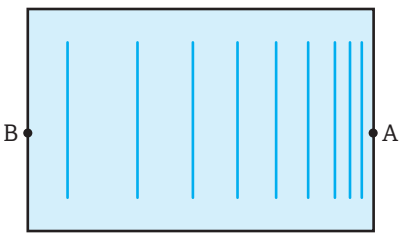
Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi yayılan eşit genişlikteki K ve L atmaları birbirlerini örttüğü anda bileşke atmanın şekli nasıl olur?

A)  B)

C) D)

E)

16.



Düz bir cetvel dalga leğeninin A kenarında eşit zaman aralıklarıyla suya batıp çıkmaktadır.

Oluşan doğrusal su dalgalarının bir anlık görünümü şekildeki gibi olduğuna göre aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Dalga leğeninin B kenarına yaklaşan dalgaların dalga boyu artmıştır.

B) Dalga leğeninin B kenarına yaklaşan dalgaların yayılma hızı artmıştır.

C) Dalga kaynağının frekansı zamanla artmıştır.

D) Dalga kaynağının periyodu zamanla değişmemiştir.

E) Dalga leğeninin B kenarına yaklaşıldıkça derinlik artmıştır.

17. 65 dB'lik ses hakkında aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?

A) Şiddetli bir ağrıya sebep olabilir.

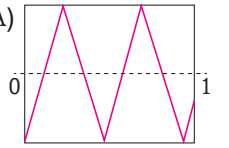
B) Herhangi bir rahatsızlığa ve hasara sebep vermeden duyulabilir.

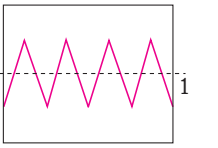
C) Kalıcı işitme kaybına sebep olabilir.

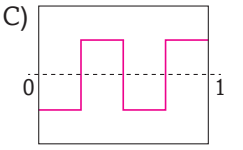
D) İnsanlar tarafından duyulamaz.

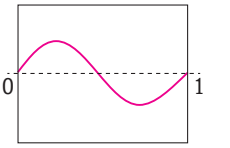
E) Motorlu testerenin ses seviyesidir.

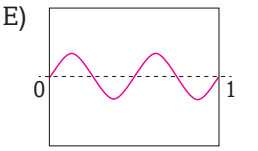
18. Aşağıda verilen dalgalardan hangisi en büyük dalga boyuna sahiptir?

A) 

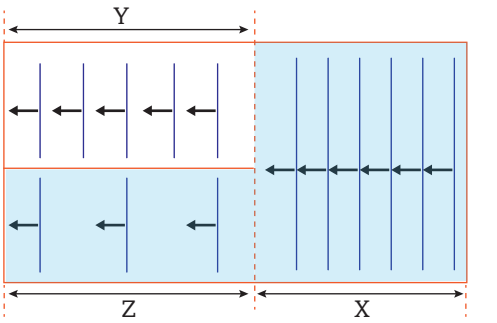
B) 

C) 

D) 

E) 

19.



X ortamından üretilen bir doğrusal dalganın Y ve Z ortamlarına geçtikten sonraki durumu yukarıdaki şekilde görülmektedir. **Buna göre ortamların derinlikleri hakkında ne söylenebilir?**

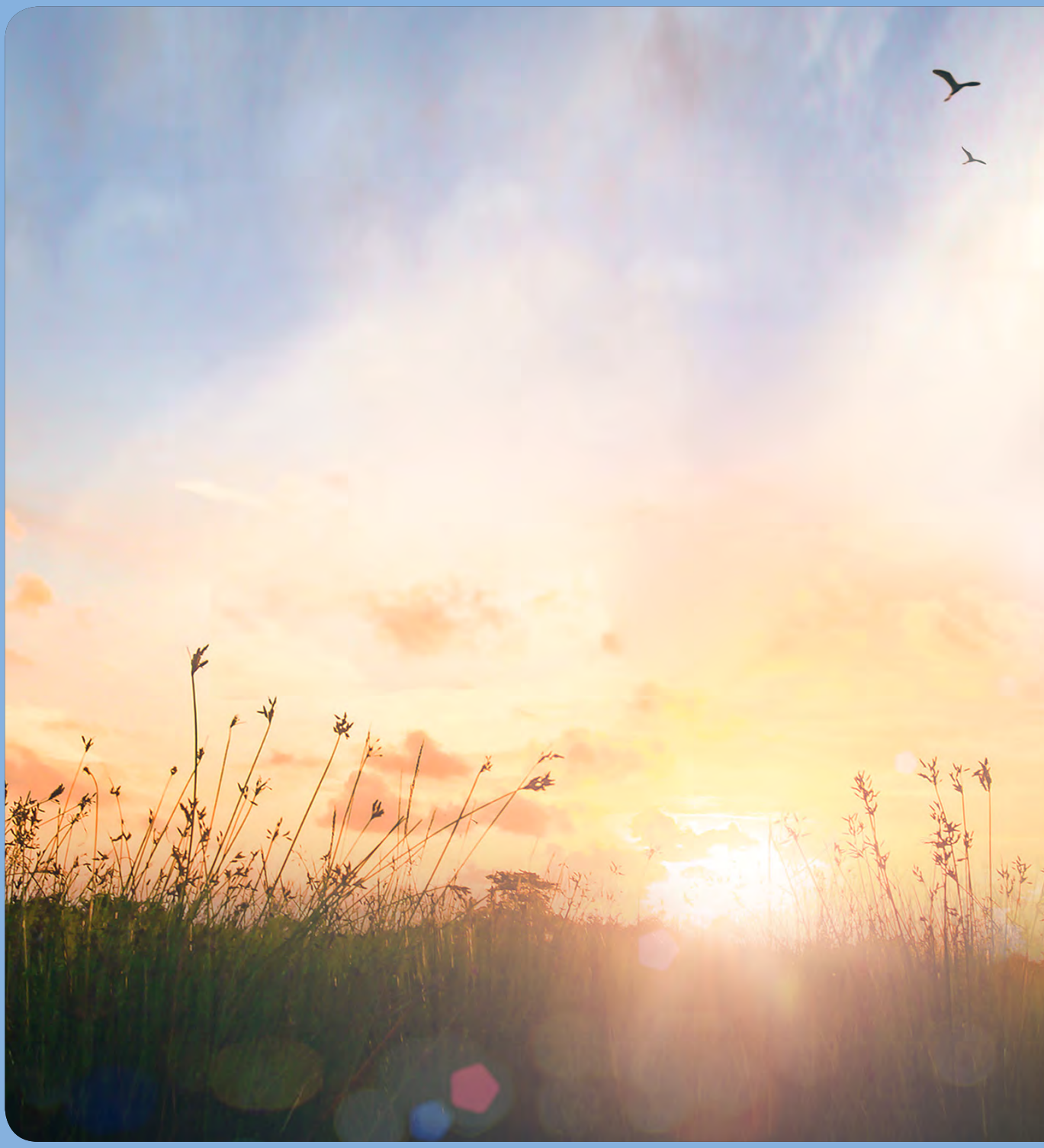
A) $h_x > h_y > h_z$ B) $h_y > h_z > h_x$

C) $h_y > h_x > h_z$ D) $h_z > h_y > h_x$

E) $h_x = h_y = h_z$

4. ÜNİTE

OPTİK



Ay'ın olmadığı bir gecede şehirden uzaktaysanız ortalığın ne kadar karanlık olduğunu bilirsiniz. Şafak sökerken karanlıkta görülemeyen cisimler belirmeye başlar. Sonra cisimlerin ayrıntıları belirir ve renkleri ortaya çıkar. Çünkü gündüz başlamıştır. Dünya'daki cisimlere şekil, ayrıntı ve renk veren Güneş'in ışıklarıdır.

Dünya'mız gerekli ışığın büyük çoğunluğunu Güneş'ten almakla birlikte gökyüzündeki değişik yıldızlardan da ışık alır. Bununla beraber akkor lamba, floresan ve LED lambalar gibi birçok suni kaynaktan da ışık elde edilir. Etrafımızdaki cisimlerin çoğu ışık kaynağı değildir. Bunlar ancak ışık kaynaklarından aldıkları ışığı gözümüze yansıttıkları için görünür olurlar.

Uçsuz bucaksız mavi deniz, yeşilin bütün tonlarını taşıyan ormanlar, rengârenk çiçekler, yağmurun hemen ardından gökyüzünde beliren gökkuşağı, birçoğunuza muhteşem duygular yaşatır. Bu güzellikler içerisinde gerçekte gözümüzün algıladığı tek uyarıcının ışık olduğunu biliyor muydunuz? Sizce ışık nedir?

Fiziğin, ışığın davranışıyla ilgilenen dalına optik denir. Optik bilimini öğrenerek renk olayının nasıl meydana geldiğini öğreneceksiniz. Bunun yanında gökyüzünün neden mavi olduğunu, görme olayının nasıl gerçekleştiğini, fotoğraf makinelerinin nasıl çalıştığını, mikroskop ve teleskop gibi optik cihazların nasıl tasarlandıklarını anlayacaksınız. Böylece belki şu anda sizin aklınızdaki soruların aynısı olan ve insanlığın tarih boyunca ışığın tabiatını anlamaya çalışırken kendilerine sordukları ışık hakkındaki sorulara cevaplar bulabileceksiniz.

BÖLÜMLER

4.1. Aydınlanma ve Gölge
4.2. Yansıma ve Aynalar
4.3. Kırılma ve Mercekler
4.4. Prizmalar ve Renk

4.1. AYDINLANMA VE GÖLGE

Konular

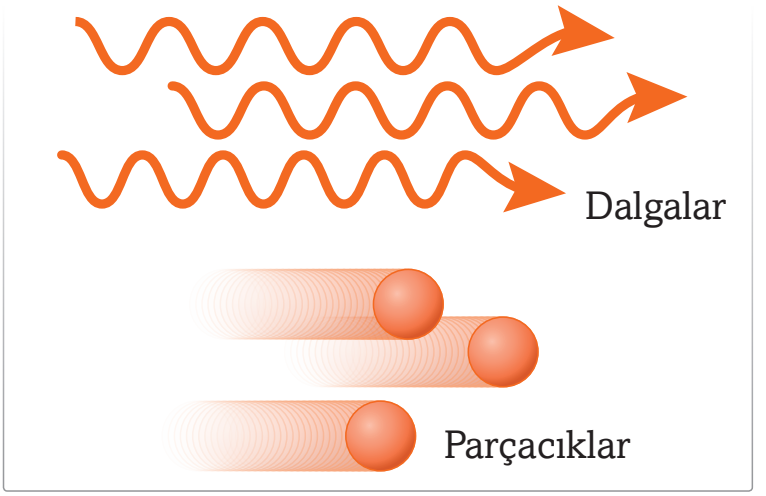
- Işığın Doğası
- Işık Kaynakları
- Gölge ve Yarı Gölge

Anahtar Kavramlar

- aydınlanma şiddeti
- ışık şiddeti
- ışık akısı
- gölge
- yarı gölge

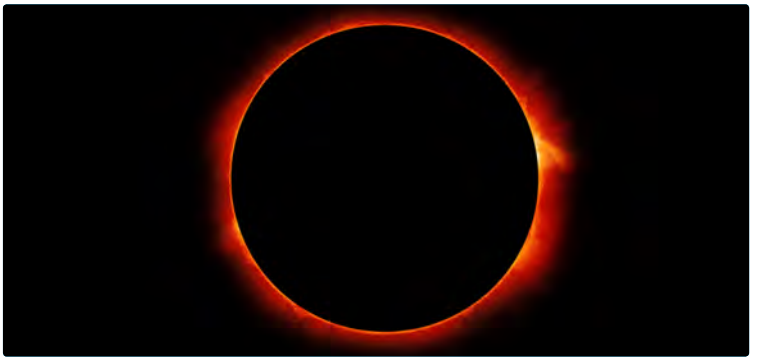
Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Işığın davranış modellerini açıklayabileceksiniz.
- Işık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma şiddeti kavramları arasında ilişki kurabileceksiniz.
- Saydam, yarı saydam ve saydam olmayan maddelerin ışık geçirme özelliklerini açıklayabileceksiniz.



Görsel 4.1: *Sesin dalgalar şeklinde yayıldığını ve bazı yönleriyle su dalgalarının özelliklerine sahip olduğunu biliyorsunuz. Acaba ışık nasıl yayılır? Dalga mı yoksa tanecik şeklinde mi?*

Görsel 4.2: *Işık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma şiddeti kavramları hakkında ne biliyorsunuz? Bir mum, bir kitap sayfasını güçlü bir akkor lambadan daha fazla aydınlatabilir mi?*



Görsel 4.3: *Gölge ve yarı gölge olayları nasıl olmaktadır? Güneş ve Ay tutulmaları ile gölge olayı arasında bir ilişki var mıdır?*

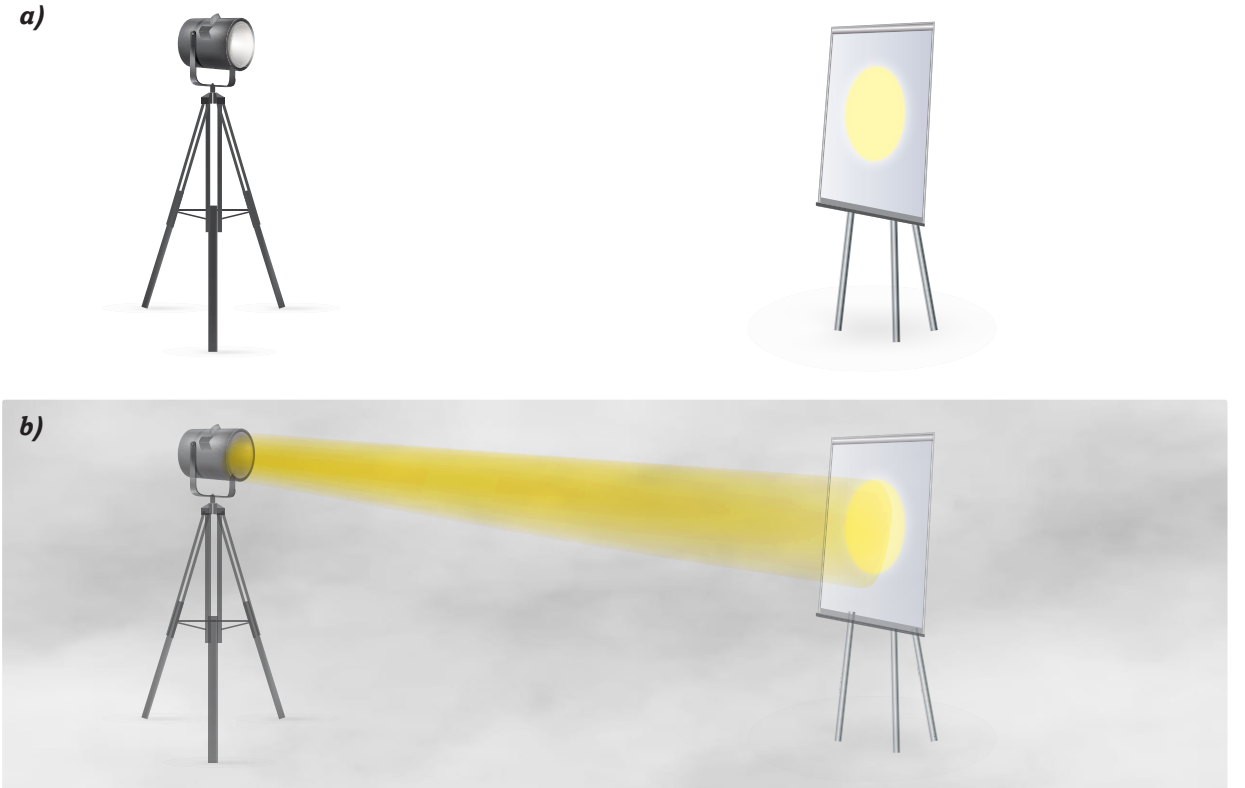
Işığın Doğası

Elde ettiğiniz bilgilerin çoğunu ışık ve ses sayesinde edinirsiniz. Ancak bilgiye ulaşmada ışık sese göre çok daha fazla yarar sağlar. İnsan gözü bir nesnenin boyutu, konumu, parlaklığı ve rengindeki küçük değişiklikleri algılayabilir.

Işık hakkında gözlemlediğiniz ilk olaylardan biri onun doğrusal yolla yayılmasıdır ***(Görsel 4.4).***

Görsel 4.5.a, bir ekrana ışık gönderen ışık kaynağını göstermektedir. Görsele baktığınızda kaynaktan yayılan ışığın ekranı aydınlattığını görürsünüz. Ancak kaynak ile ekran arasındaki ışığı göremiyorsunuz. Işığın kaynaktan çıkması ve ekranın aydınlanması size ışığın kaynak ile ekran arasında yol alması gerektiğini düşündürüyor. Şimdi deney yapılan ortamın dumanla doldurulduğu ***Görsel 4.5.b***'ye bakınız. Kaynaktan çıkan ışık demetinin tamamen görüldüğünü ve doğrusal yolla yayıldığını fark ettiniz mi? Bu deney bize ışığın ya doğrudan kaynaktan yayılarak ya da ışık kaynağı olmayan cisimlerden yansıyarak göze ulaştığını gösterir. Deneyde ışık, ekrandan ve duman taneciklerinden yansımıştır. Böylece bu cisimler sanki ışık kaynaklarıymış gibi ışığı doğrusal yolla gözümüze göndermişlerdir.

Görsel 4.4: *Küçük bir pencereden geçen güneş ışığı havadaki toz parçacıkları tarafından görülebilir hâle geldiğinde ışığın yolunu düz bir çizgi olarak görürsünüz. Görselde Isaac Newton'ın (Ayzek Nivtın) yaptığı bir deneyin temsilî resmi görülmektedir.*



Görsel 4.5: a) *Kaynak ile ekran arasındaki ışık demetleri görülmez.* ***b)*** *Kaynak ve ekran arasındaki ortam duman ile doldurulmuştur. Işık demeti kaynaktan hedef ekrana kadar açıkça görülmektedir.*

Görsel 4.6: *Bu golf sahasındaki direğin ve bayrağın gölge oluşumu, ışığın doğrusal yolla ilerlemesi nedeniyle mümkündür.*

Bilime Hizmet Edenler

Empedokles

2500 yıl kadar önce Antik Yunan medeniyetinin bir parçası olan Sicilya Adası'nda Acragas (Arkagas) şehrinde doğmuştur. Işıklı cisimlerden bir şeyler çıktığını ve görme olayının, bu şeylerle gözden çıkan ışınların birleşmesi sonucunda meydana geldiğini söylemiştir. Empodekles'den yaklaşık 1500 yıl sonra Arap bilim insanı İbn-i Heysem, ışığın gözden çıktığını söyleyen bu kurama karşı çıkmıştır. Ona göre parlak bir ışığa baktığımızda gözlerimiz kamaşır. Eğer ışınlar gözden çıksaydı kamaşmaması gerekirdi. Dolayısıyla ona göre görme olayı gözün, cisimden yansıyan ışınları algılamasıyla gerçekleşmeliydi (Görsel temsilîdir.).

https://bit.ly/2Pe9iMI

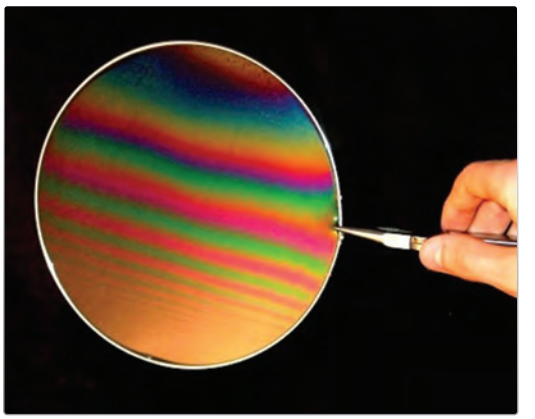
(Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Yanda bir ışık kaynağı tarafından aydınlatılan çubuktaki gölge oluşumunu fark ettiniz mi? Benzer şekilde güneşli bir günde yerde oluşan gölgenizin şekli ışığın doğrusal yolla ilerlemesi nedeniyle mümkündür. Işığın nasıl yayıldığı ile ilgili bu örneklere dayanarak tarih boyunca insanlar ışığın mahiyeti ve nasıl yayıldığını açıklayan modeller geliştirmiştir.

Yunan filozofu Pythagoras (Pisagor, MÖ 570-495), nesnelerin çok küçük tanecikler yaydığını ve gözün bu tanecikleri yakalayarak onları gördüğünü savunuyordu. Pythagoras'dan kısa süre sonra dünyaya gelen Yunan filozofu Empedokles (Empedokle, MÖ 494- 434) gözden dışarı bir tür ışın çıktığını, bu ışının nesnelere çarparak onların görüntüsünü tekrar göze ilettiğini düşünüyordu. Çağdaşı Eflatun'a (Eflatun, MÖ 427-347) göre ise nesnelerden kaynaklanan "dış ışık" ve gözümüzden yayılan "iç ışık" arasındaki girişim olayıyla görme olayı gerçekleşmekteydi. Eflatun ile aynı dönemlerde yaşamış olan ve asırlar boyu büyük ölçüde kayıtsız şartsız bir otorite olarak görülen Aristo (MÖ 384-322) ise başka türlü düşünmekteydi. Ona göre ışık, boşluğu dolduran süptil bir aracının hareketi sayesinde ortaya çıkmaktaydı. Arap fizikçi, matematikçi ve filozof olan İbn-i Heysem (965-1040) ise zamanında ışığın gözden çıktığını söyleyen kurama karşı çıkmış ve ışığın nesneden geldiğini vurgulamıştır. İbn-i Heysem'e göre ışınlar gözden cisme doğru gitseydi karanlıkta da görmemiz gerekirdi.

Işığın bilimsel araştırmalara göre izah edilmeye çalışılması ilk olarak Isaac Newton'ın (1643-1727) ünlü eseri "Optik" ile birlikte başlamıştır. Newton ışığın bir kaynak tarafından yayılan taneciklerden oluştuğunu düşünmekteydi. Ona göre bu tanecikler göze girerek görme duyusunu oluşturmaktaydı. Newton, bu düşüncesinden yola çıkarak yansıma ve kırılma olaylarını açıklayabiliyordu. 1678'de Hollandalı fizikçi Christian Huygens (Kristiyan Hoygıns, 1629-1695) ve İsviçreli matematikçi Leonard Euler (Leonard Öyler, 1707-1783), ışığın dalgalar biçiminde yayıldığı görüşünü ileri sürdüler ve yaptıkları deneylerle ışığın dalga teorisinin yansıma ve kırılma olaylarını açıklayabildiklerini gösterdiler. Ancak o dönemlerde ışığın dalga teorisi hemen kabul edilmedi. Çünkü o dönemdeki birçok bilim insanına göre ışık dalga şeklinde yayılsaydı, karşısına çıkan engellerin çevresinde bükülmesi ve böylece köşelerin çevresinin görülebilmesi gerekirdi. An-

cak tanecik modeli ışığın tüm özelliklerini ve davranışlarını açıklayamamaktadır. Örneğin kırınım denen olayda ışığın tanecik modeli işe yaramaz. Kırınım, ışığın dar bir delikten geçtikten sonraki davranışıdır. Bu olayda gözlenen karmaşık durumun ve çok ince zarlarda ışığın yansımasının tanecik modeliyle açıklanması olanağı yoktur ***(Görsel 4.7)***.



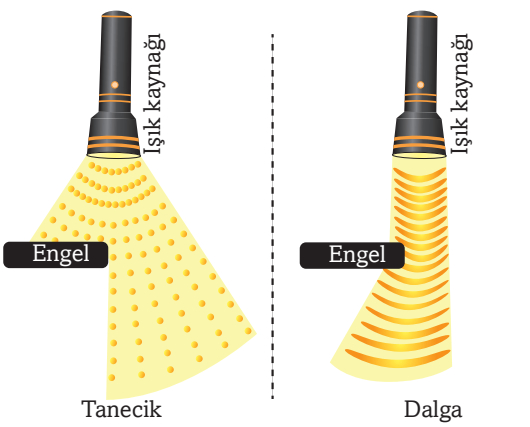
Görsel 4.7: *Işığın ince zarlarda meydana getirdiği yansıma, ışığın tanecik teorisiyle açıklanamaz.*

1801 yılında İngiliz bilim insanı Thomas Young (Tomas Yank, 1773-1829) ışığın dalga doğasını gösteren ilk deneyi yaptı. Uygun koşullardaki ışık ışınları ile yaptığı deneyde ışığın dalga özelliği gösterdiğini ve su dalgaları gibi girişime uğradığını gösterdi. Daha sonra Augustin Fresnel (Agustin Fresnel, 1788-1827) girişim ve kırınım olaylarıyla ilgili deneyler yaparak ışık ışınlarının bozulmaksızın birbirinin içinden geçebildiklerini gösterdi. Siz de bu olayı yapacağınız basit bir deney ile gözlemleyebilirsiniz. İki el fenerini ışıkları birbirini kesecek şekilde tutunuz. El fenerlerinden çıkan ışık demetlerinin birbirlerinin yolu üzerinde değilmiş gibi yayıldığını görürsünüz ***(Görsel 4.8)***.

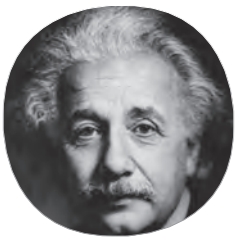
Görsel 4.8: *Işık ışınları bozulmaksızın birbirinin içinden geçebilir.*

Ayrıca etrafınızdan gelen birçok ışık demetlerine rağmen bu kitabın sayfasından gelen ışık demeti sayesinde sayfayı rahatlıkla görürsünüz. Bu olaylar bize iki ışık demetinin kesişmesi olayının taneciklerden ziyade dalgaların kesişmesine benzediğini göstermektedir. Bununla birlikte bundan önceki ünitede dalgaların farklı ortamların sınırında hem yansıma hem de iletim işlevinin olduğunu öğrendiniz. Bir ortamdan diğerine geçerken ışığın da bir kısmı yansırken bir kısmı diğer ortama iletilir. Ancak ışığın tanecik şeklinde yayıldığını kabul edersek böyle bir olayın olmaması gerekirdi. Bundan dolayı 19. yüzyıla gelindiğinde ışığın dalga özelliği gösterdiği fikri kabul görmeye başladı. 1873 yılında James Clerk Maxwell (Ceyms Klerk Maksvel) ışığın elektromanyetik bir dalga olduğu kuramını ortaya attı. 1887'de Heinrich Hertz (Henrik Hertz) Maxwell'in kuramının deneysel ispatını yaptı.

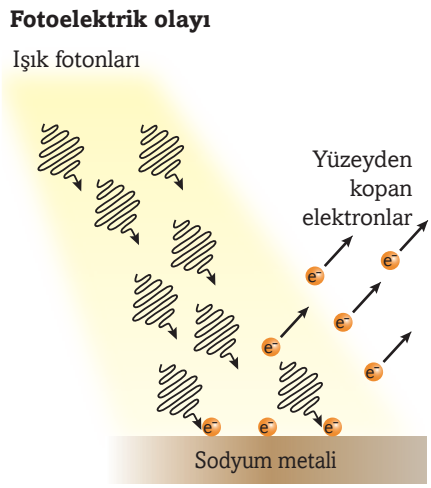
Işık bir metal yüzeye çarptığında yüzeyden elektron koparabilmektedir. Fotoelektrik etki denen bu olay ışığın dalga kuramıyla açıklanamıyordu. Çünkü metalden kopan



Görsel 4.9: *Bu iki resim ışığın tanecik ve dalga davranışının basit birer modelidir. Işığın tanecik modeline göre ışık bir engelle karşılaştığında ilerleyemez. Ancak dalga modeline göre ışık bir engelle karşılaştığında bükülmesi gerekirdi. Sonraki yıllarda yapılan deneylerle ışığın bir engelle karşılaştığında bükülebildiği gözlendi.*



Albert Einstein



Görsel 4.10: *Işığın bir metal yüzeyden elektron koparması hadisesine fotoelektrik olayı denir. Fotoelektrik olay ışığın dalga kuramıyla açıklanamaz. Fotoelektrik olayını Planck'ın kuramını kullanarak Albert Einstein açıkladı. Ayrıca Einstein ilk kez foton adı verilen ışık paketleri kavramını da kullanmıştır.*

elektronlar gelen ışığın şiddetinden bağımsızdı. Ancak dalga kuramı, daha şiddetli bir ışın demetinin metaldeki elektrona daha fazla enerji vermesi gerektiğini söyler. 1900'de Max Planck (Maks Plank), tekrar tanecik kuramına geri dönerek ışığın "kuantum" olarak adlandırılan küçük paketçiklerden oluştuğunu öne sürdü. 1905'te Albert Einstein (Albırt Aynştayn), Planck'ın kuramını kullanarak fotoelektrik olayını açıkladı. Einstein'a göre ışık dalgasının enerjisi, foton adı verilen enerji paketleri içinde bulunmaktadır ***(Görsel 4.10)***. Daha sonra 1925 yılında Arthur Holly Compton (Artur Haliy Kamptın), ışığın tanecik modeliyle açıklanabilen bir deneyi gerçekleştirmiştir. Bu olaylar ışığın ikili bir doğaya sahip olduğunu göstermektedir. 1923 yılında Louis de Broglie (Lui dö Brogli), ışığın ikili karekterini aynı anda açıklayan bir model ileri sürdü. Bu modele göre, hareket eden her parçacığa bir dalga eşlik etmekteydi.

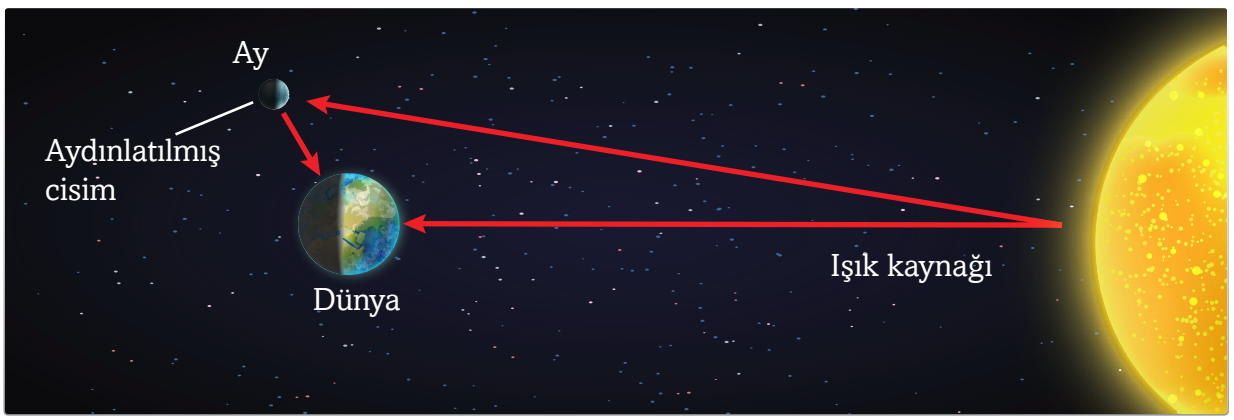
Kısaca ışık, bazı olaylarda dalga bazı olaylarda ise tanecik gibi davranır.

NE ÖĞRENDİNİZ? Işığın tanecik ve dalga modeli nedir?

Işık Kaynakları

Işığın, ışık kaynaklarından çıktığını ve doğrular boyunca yayıldığını öğrendiniz. En önemli ışık kaynağımızın da Güneş olduğunu biliyorsunuz. Ateş, şimşek ve hatta ateş böcekleri doğal ışık kaynaklarındandır. Son 100 yılda insanoğlu birçok suni ışık kaynağı üretti. Akkor ampuller, floresan lambalar, televizyon ekranları, lazerler, ışık yayan diyotlar (LED'ler) gibi birçok ışık kaynağı elektrik enerjisi sayesinde ışık üretirler.

Peki, güneş ışığı ile ay ışığı arasında ne fark var biliyor musunuz? Güneş ışığı ay ışığına göre çok daha parlaktır. Bunun yanında Güneş bir ışık kaynağıdır. Yani kendi ışığını üretir. Fakat Ay bir ışık kaynağı değildir ve kendi ışığını üretmez. ***Görsel 4.11***'de görüldüğü gibi sadece Güneş'ten aldığı ışığı yansıtarak görünür olur.



Görsel 4.11: *Güneş, bir ışık kaynağıdır. Ay, aydınlatılmış bir cisimdir.*

Akkor bir lamba ışık kaynağıdır. Çünkü elektrik enerjisi ampul içindeki ince tungsten telini ısıtır ve bu yüksek sıcaklığın sonucu onun ışık yaymasına neden olur. Diğer taraftan bir bisiklet reflektörü aydınlatılmış bir cisimdir. Bu reflektör, otomobil farı gibi bir ışık kaynağı ile aydınlatıldığında görünür hâle gelecek şekilde üretilmiştir ***(Görsel 4.12)***.

Görsel 4.12: *Akkor lamba ışık kaynağıdır. Bisiklet reflektörü aydınlatılmış bir cisimdir.*

Herhangi bir ışık olayında üç önemli özellikten bahsedilir. Bunlar ışık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanmadır.

Işık Şiddeti

Az aydınlatılmış bir odada kitap okuduğunuzu düşününüz. ***Görsel 4.13***'te görüldüğü gibi kitabınızı bir gaz lambası ile aydınlatırsanız kitabınızın sayfası yeterince parlak görünmeyeceği için kitabı okumanız zor olur. Eğer kitabınızı aynı uzaklıktan ve aynı yerden 100 W'lık bir akkor ampul ile aydınlatırsanız kitabınızın sayfası parlak görünür ve kitabınızı kolaylıkla okuyabilirsiniz.

Bir kaynağın birim zamanda yaydığı enerjinin ölçüsü ışık şiddeti olarak ifade edilir. Işığı tanecik modeli olarak düşünürseniz, bir ışık kaynağından birim zamanda yayılan ışık tanecikleri sayısına **ışık şiddeti** denir. Öyleyse birim zamanda aynı sayıda ışık taneciği yollayan kaynakların ışık şiddetleri birbirine eşittir diyebilirsiniz.

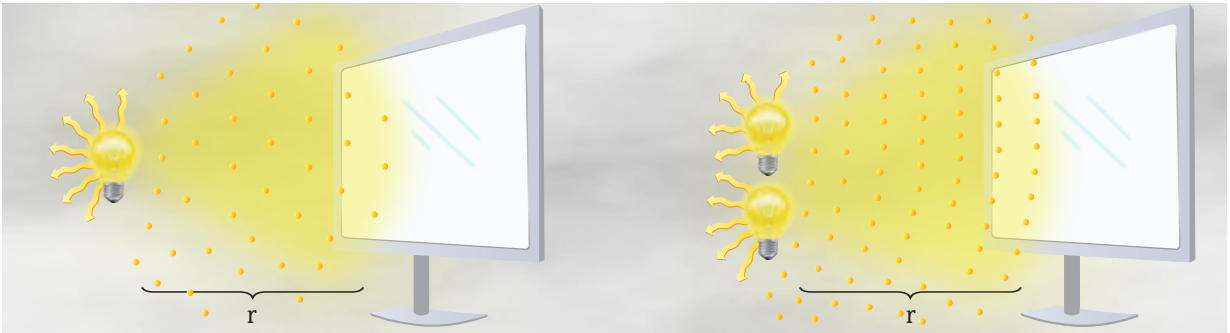
100 W'lık ve 60 W'lık iki akkor ampul düşününüz. 100 W'lık akkor ampulün daha fazla ışık yayacağını günlük tecrübelerinizden biliyorsunuzdur. Bu sebeple 100 W'lık ampul, 60 W'lık ampule göre bir odayı daha fazla aydınlatır. Bunun sebebi, 100 W'lık ampulün ışık şiddetinin yüksek olmasıdır.

Bir ekran r uzaklıkta bulunan bir ampulle aydınlatılmaktadır. Ekran üzerine N kadar ışık taneciği düşerse aynı ekran,

Görsel 4.13: *Okuyucunun yazıyı görüp kitabı daha kolay okuyabilmesi için aydınlanmanın daha iyi olması gerekir.*

aynı uzaklıkta özdeş iki ampulle aydınlatıldığında ekran üzerine 2N kadar ışık taneciği (foton) düşer. Işık şiddeti I sembolü ile gösterilir ve birimi candela (kandela) cd'dır.

Bazı ışık kaynaklarının şiddeti şöyledir: 60 W'lık akkor lambanın şiddeti 35 cd, 100 W'lık akkor lambanın şiddeti 130 cd'dır. 40 W'lık bir floresan lambanın şiddeti ise 200 cd'dır.



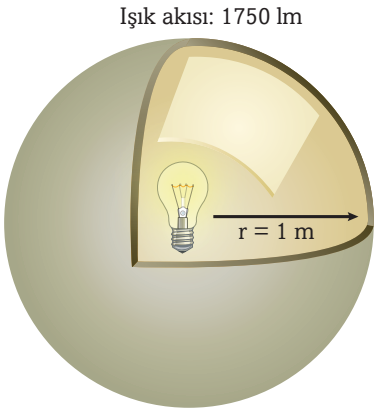
Görsel 4.14: *Bir ekran r kadar uzaklıktaki bir ampulle aydınlatılırsa üzerine N kadar foton düşer. Ampulün yanına özdeş bir ampul daha konulursa ekran üzerine 2N sayıda foton düşer.*

NE ÖĞRENDİNİZ? Işık şiddeti ve ışık tanecikleri arasındaki ilişki nedir?

Işık Akısı

Bir ışık kaynağından çıkan ışık enerjisi miktarına **ışık akısı** denir. Işık akısı, kaynak tarafından yayılan toplam görünür ışık miktarını temsil eder. Işık akısı Φ (fi) sembolü ile gösterilir ve birimi lümen'dir (lm). Lümen, 1cd şiddetindeki bir kaynaktan 1 m uzakta ve ışınlara dik 1 m^2 yüzeye gelen ışık akısı miktarıdır. 100 W'lık akkor ampul yaklaşık 1750 lm'lik ışık akısı yayar.

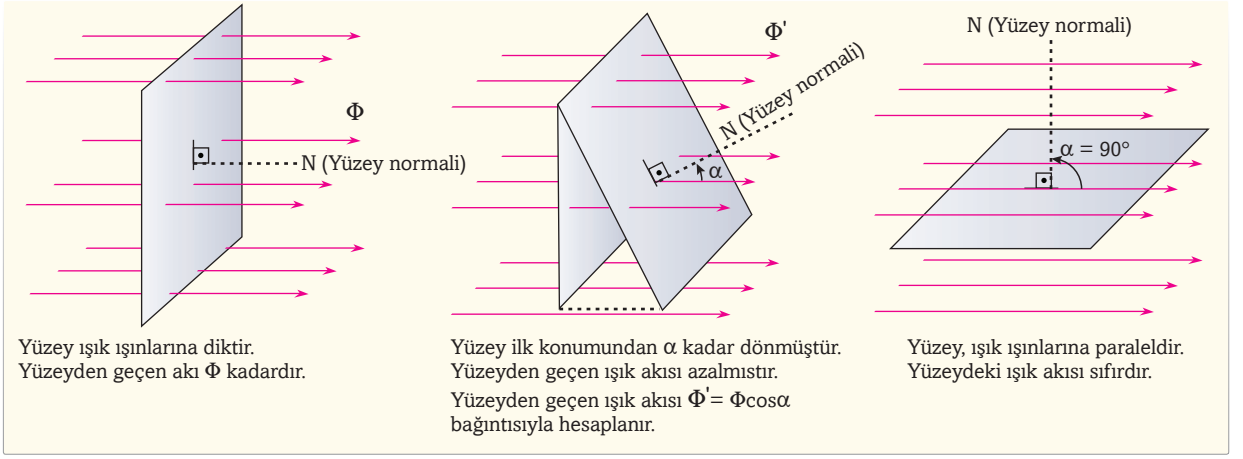
Bir ışık kaynağından çıkan ışınların tamamının bir yüzeye dik olarak düşmesi, merkezinde ışık kaynağı olan bir kürenin yüzeyinde söz konusudur. Kürenin yüzeyindeki ışık akısı $\Phi = 4\pi I$ ifadesi ile hesaplanır. Bağıntıdan da görüldüğü gibi küre yüzeyindeki ışık akısı ışığın şiddetine bağlıdır. Işık şiddeti arttıkça ışık akısı da artar.



Görsel 4.15: *Işık akısı ışığın bir kaynaktan yayılma miktarıdır.*

1 m yarıçaplı bir kürenin merkezine 100W'lık (1750 lm) bir ampul yerleştirdiğinizi düşününüz ***(Görsel 4.15)***. Bu ampul her yönde ışık yayar. 1750 lm'lik ışık akısı belirli bir süre içinde kürenin iç yüzeyine çarpan ışığın tamamını karakterize eder. Kürenin yarıçapı 2 m çıkartılsa bile ampulün ışık akısı 1 m yarıçaplı küreninkiyle aynı olacaktır. Çünkü toplam ışık ışını sayısında her hangi bir değişme olmayacaktır. Toplam ışık akısının belirlenmesinde yarıçapın ve kaynağın nerede bulunduğunun bir önemi yoktur.

Işık kaynağı tarafından yayılan ışık miktarını bilirseniz, ışık kaynağının kitap gibi bir nesneyi nasıl aydınlattığını belirleyebilirsiniz. Eğer bir yüzey ışık ışınlarına dik değilse bu yüzey içinden daha az ışık tanecikleri geçecektir. Bu durumda ışık akısı, yüzeye ulaşan ışınların dik bileşenleri alınarak belirlenir. Işık ışınlarının yüzeye dik ulaşmaması sonucunda yüzeyden geçen ışık akısı azalır. Bu durumu ***Görsel 4.16***'ya bakarak daha iyi anlayabilirsiniz.



Görsel 4.16: *Işık akısı, gelen ışık ışınları ile yüzey normali arasındaki açıya göre değişir.*

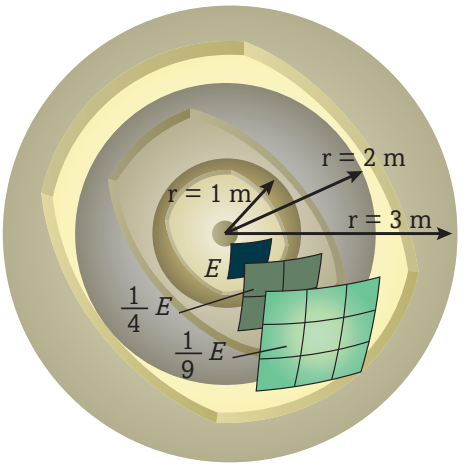
Aydınlanma

Işık ışınlarının yüzeye çarpma miktarı aydınlanma olarak adlandırılır. Bu nedenle aydınlanma, birim zamanda birim alan üzerine düşen foton sayısıyla doğru orantılıdır. Birim yüzeye düşen ışık akısına **aydınlanma şiddeti** denir. Aydınlanma şiddetine kısaca **aydınlanma** denir. Aydınlanma E sembolü ile gösterilir. Aydınlanmanın birimi lüks'tür ve kısaca lx olarak gösterilir. Lüks'ün eşdeğeri birim metrekare üzerine düşen ışık akısıdır ve lm/m^2 olarak gösterilir.

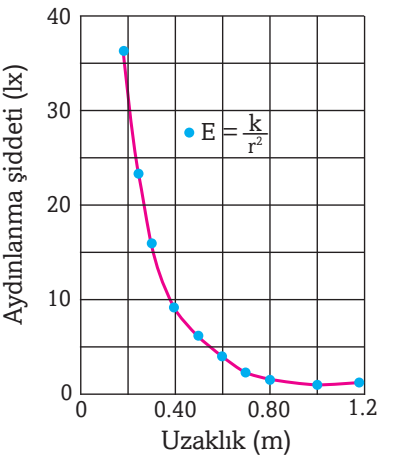
Sizce ***Görsel 4.17***'deki kürenin iç yüzeyinin aydınlanması nedir?

Kürenin yüzey alan bağıntısı $4\pi r^2$ dir. En iç küre için yarıçap değerini bağıntıda yerine yazarsanız kürenin yüzey alanı $4\pi(1\ m)^2 = 4\pi\ m^2$ dir. En içteki kürenin her metrekaresine çarpan ışık akısı $2500\ lm/(4\pi\ m^2) \cong 199$ lx olur. Ampulden 1 m mesafede her bir metrekareye yaklaşık 199 lm'lik ışık akısı çarpmaktadır. Yani kürenin iç kısmının aydınlanma şiddeti yaklaşık 199 lx'tür.

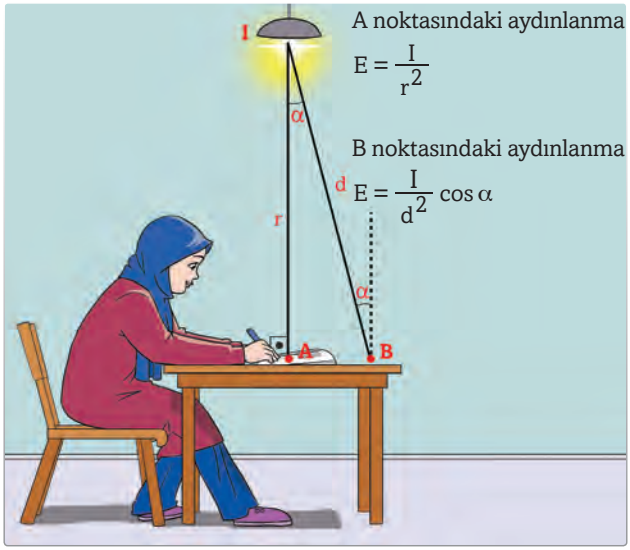
Ampulü çevreleyen küre daha büyük olursa ne değişir? Eğer kürenin yarıçapı 2 m olursa ışık akısı yine 2500 lm'dir. Ancak kürenin alanı $4\pi(2\ m)^2=16\pi\ m^2$ olur. Bu 1 m yarıçaplı kürenin alanından dört kat daha büyüktür. Yarıçapı 2 m olan kürenin içindeki aydınlanma şiddeti yaklaşık $2500\ lm/(16\pi\ m^2) = 49{,}8$ lx'tür. Yani kürenin içinde her bir metrekareye 49,8 lm'lik ışık çarpar. 2 m'lik kürenin iç yüzeyindeki aydınlanma şiddeti, 1 m'lik kürenin iç yüzeyindeki aydınlanma şiddetinin dörtte biri kadardır. Aynı şekilde 3 m yarıçaplı bir kürenin iç yüzeyindeki aydınlanma şiddeti, 1 m'lik kürenin iç yüzeyindeki aydınlanma şiddetinin $(1/3)^2 = 1/9$'u kadardır. ***Görsel 4.18***, bir nokta kaynak tarafından üretilen aydınlanma şiddetinin $1/r^2$ ile orantılı olduğunu göstermektedir.



Görsel 4.17: *Bir ışık kaynağının oluşturduğu aydınlık (E), ışık kaynağından uzaklığın karesi ile azalır.*



Görsel 4.18: *Aydınlanmanın kaynak uzaklığının karesi ile ters orantılı değişmesi ışığın tanecik teorisine uygundur. Bu grafik bir kaynaktan belli uzaklıklarda aydınlanma şiddetini göstermektedir.*



Görsel 4.19: *Aydınlanma, ışık ışınlarının yüzey normali ile yaptığı açının kosinüsü (cos) ile doğru orantılıdır.*

Buna ters kare ilişkisi de denir. Başka deyişle aydınlanma şiddeti şu bağıntıyla verilir:

Aydınlanma Şiddeti Bağıntısı

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

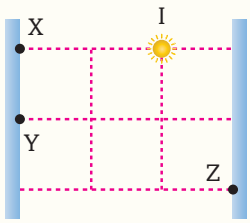
Kaynak, r yarıçaplı kürenin merkezinde ise küre yüzeyindeki aydınlanma şiddeti $E = \frac{4\pi I}{4\pi r^2}$ olur.

Bu bağıntıya göre aydınlanma şiddeti ile kaynağın yüzeye uzaklığının karesinin çarpımı sabit olmalıdır. Bunun yanında yüzeyin kaynağa göre durumu da aydınlanma şiddetini etkiler. ***Görsel 4.19***'a bakınız. Işık ışınlarının yüzeye geliş doğrultuları ile yüzey normali arasında α kadarlık bir açı varsa aydınlanma şiddeti, $E = \frac{I}{d^2}\cos\alpha$ bağıntısıyla verilir.

NE ÖĞRENDİNİZ? Aydınlanma ve ışık akısı arasındaki ilişki nedir?

ÖRNEK PROBLEM

Noktasal bir ışık kaynağı iki düzlem arasına şekildeki gibi konulmuştur. Bu ışık kaynağının X,Y ve Z noktaları çevresinde oluşturduğu aydınlanma şiddetleri E_X, E_Y, E_Z arasında nasıl bir ilişki vardır?

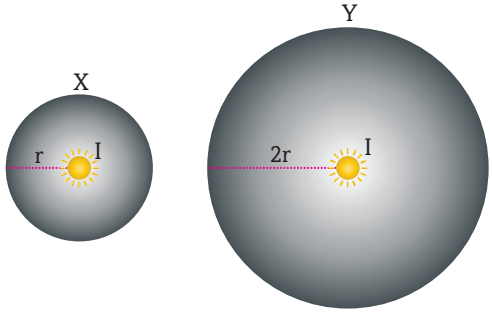


ÇÖZÜM

$E = \frac{I}{r^2}$ bağıntısına göre aydınlanma şiddeti kaynağın noktaya uzaklığının karesi ile ters orantılıdır. Bu nedenle mesafe ne kadar yakınsa aydınlanma o kadar büyüktür. Ayrıca aydınlanma ışık ışınlarının yüzey normali ile yaptığı açının kosinüsü (cos) ile doğru orantılıdır. Işık ışınlarının Y noktasının yüzey normali ile yaptığı açının cos'ü, Z noktasının yüzey normali ile yaptığı açının cos'ünden büyük olduğundan $E_X > E_Y > E_Z$ olur.

ALIŞTIRMA

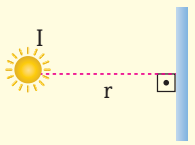
X ve Y kürelerinin merkezlerinde I şiddetinde noktasal ışık kaynakları bulunmaktadır. Buna göre X ve Y kürelerinin iç yüzeyine düşen ışık akıları (Φ) ve yüzeylerindeki bir noktanın aydınlanma şiddeti (E) ne olur?



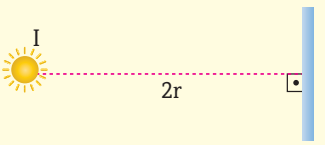
ÖRNEK PROBLEM

Bir öğrenci, noktasal bir ışık kaynağının oluşturduğu aydınlanma şiddetinin uzaklığa bağlı değişimini araştırmak istiyor. Buna göre öğrenci, aşağıdaki düzeneklerden hangilerini kurarak deneyini gerçekleştirmelidir?

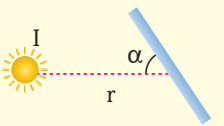
I.



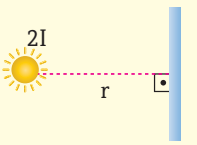
II.



III.



IV.

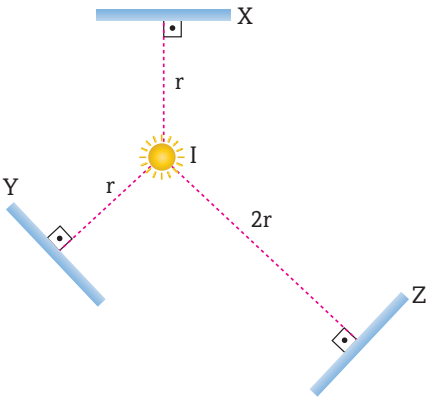


ÇÖZÜM

Öğrenci, aydınlanma şiddetinin uzaklığa bağlı olarak nasıl değiştiğini incelemektedir. Öyleyse öğrencinin sabit tutulan değişkeni ışık kaynağı olmalıdır. Yani deneyinin aşamalarında aynı ışık kaynağını kullanmalıdır. Öğrencinin değiştirmesi gereken, ışık kaynağı ile ekran arasındaki uzaklıktır. Bunun yanında öğrenci ekran ile ışık ışınları arasındaki açıyı da sabit tutmalıdır. Cevap I ve II'dir.

ALIŞTIRMA

Şekildeki noktasal ışık kaynağının X, Y, Z ekranlarında oluşturduğu aydınlanma şiddetinin büyüklük sıralaması nasıl olur?



Tablo 4.1: *Matematik ile ilişkilendirme*

Matematik	Fizik
$y = \frac{x}{az^2}$ *a : sabit reel sayıdır.*	$E = \frac{\Phi}{4\pi r^2}$
• z sabit ise y, x ile doğru orantılıdır. • x artarsa y artar. • x azalırsa y azalır.	• r sabit ise E, Φ ile doğru orantılıdır. • Φ artarsa E artar. • Φ azalırsa E azalır.
• x sabit ise y, z^2 ile ters orantılıdır. • z^2 artarsa y azalır. • z^2 azalırsa y artar.	• Φ sabit ise E, r^2 ile ters orantılıdır. • r^2 artarsa E azalır. • r^2 azalırsa E artar.

Şimdi bir etkinlik yaparak aydınlanma şiddeti ve ışık şiddeti kavramları arasındaki ilişkiyi daha iyi anlayınız.

ETKİNLİK 4.1

Aydınlanma Şiddetini Etkileyen Faktörler

Araç ve Gereçler
- 3 adet özdeş el feneri
- metre
- lüksmetre
- milimetrik kâğıt
- izole bant

Etkinliğin Amacı

Aydınlanma şiddetinin bağlı olduğu faktörleri incelemek.

Bunları Yapınız

I. Aşama

• El fenerlerinizin düğmesine basarak ışık vermesini sağlayınız. Fenerlerinizin ışığını, sırasıyla 20 cm, 40 cm ve 60 cm uzaklıktaki lüksmetreye dik olarak göndererek aydınlanma şiddetlerini ölçünüz ve değerleri aşağıdaki çizelgeye kaydediniz.

• Daha sonra el fenerlerini izole bant yardımıyla ikili ve üçlü bağlayınız, bunları tek kaynak gibi kullanınız. İkili ve üçlü el fenerleri ile oluşturduğunuz ışık ışınlarını, sırasıyla 20, 40 ve 60 cm uzaklıktan lüksmetreye dik göndererek aydınlanma şiddetlerini ölçünüz. Sonuçları çizelgeye kaydediniz.

El feneri sayısı	Mesafe	Aydınlanma şiddeti (lx)
1	20	
	40	
	60	
2	20	
	40	
	60	
3	20	
	40	
	60	

• Ölçüm sonuçlarından elde ettiğiniz değerleri aydınlanma şiddeti bağıntısı ile karşılaştırınız.

• Çizelgedeki verilerden yararlanarak milimetrik kâğıda aydınlanma şiddeti - uzaklık grafiği çiziniz.

II. Aşama

• Tek bir el feneri kullanınız. El fenerinizi lüksmetre ile açı (30˚, 60˚ ve 90˚) yapacak şekilde 40 cm uzağa yerleştiriniz. Aydınlanma şiddeti bağıntısını düşünerek ölçtüğünüz değerleri yorumlayınız.

Soruları Cevaplayınız

• Aydınlanma şiddeti, kaynak sayısına (ışık şiddetine) nasıl bağlıdır? Ölçüm sonuçlarınız ile bağıntı uyuşmakta mıdır?

• Aydınlanma şiddeti, yüzeyin kaynağa olan uzaklığına nasıl bağlıdır? Ölçüm sonuçlarınız ile bağıntı uyuşmakta mıdır?

• Aydınlanma şiddeti, yüzey ile kaynak arasındaki açıya nasıl bağlıdır? Ölçüm sonuçlarınız ile bağıntı uyuşmakta mıdır?

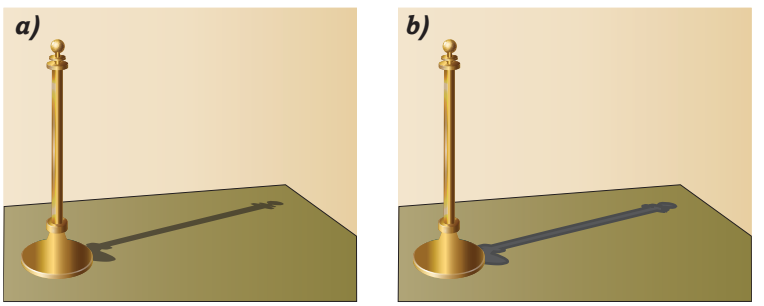
Gölge ve Yarı Gölge

Çevrenizdeki bazı cisimler ışık kaynağı, bazıları da aydınlatılmış cisimdir. Bu cisimler, gözünüze ışık ışınları ulaştırdığında görünür olurlar. Temiz bir pencere camından dışarıya baktığınızda arada cam olduğunu zor fark edersiniz. Hava ve cam gibi ışığı geçiren maddelere **saydam madde** denir. Işığı ileten ancak cisimlerin net bir şekilde görülebilmesine izin vermeyen maddelere ise **yarı saydam madde** denir. Buzlu cam, bazı ince perdeler yarı saydam maddelere örnektir. Odanızın duvarından dışarıya baktığınızda dışarıdaki manzarayı göremezsiniz. Duvar gibi ışığı geçirmeyen cisimlere **saydam olmayan (opak) maddeler** denir.

Saydam veya yarı saydam maddeler sadece ışığı geçirmez aynı zamanda ışığın bir kısmını da yansıtabilir. Örneğin akşamüstü karanlık basarken cam pencereden dışarı bakarsanız dışarıdaki manzaranın yanında kendinizi ve odadaki eşyaları görebilirsiniz.

İster saydam olsun ister saydam olmasın her cisim üzerine düşen ışığı yansıtır. Saydam olmayan bir cisim üzerine düşen ışığın bir kısmı yansırken bir kısmı da soğurulur. Bu nedenle cisimlerin gölgesi oluşur. Işık kaynağının özelliğine göre oluşan gölgede değişiklikler gözlenir.

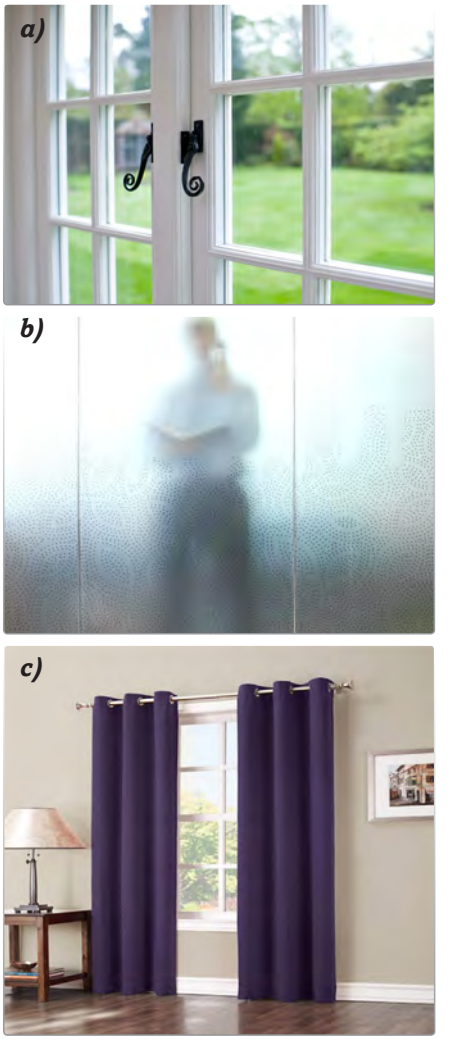
Güneşli bir günde yoldaki gölgenizi inceleyiniz. ***Görsel 4.21***'de görüldüğü gibi ayaklarınızın gölgesi ile üst bölgelerinizin gölgesi arasındaki keskinlik farkı dikkatinizi çekti mi? Bu fark ***Görsel 4.22***'deki fotoğraflarda görülen uzun düşey bir çubuğun gölgesinde daha belirgindir. Cisimden gölgenin ucuna doğru gidildiğinde gölge genişleyip daha bulanık hale gelmektedir. Gölgenin bulanıklığı ışık kaynağına bağlıdır. ***Görsel 4.22.b*** çok küçük bir ışık kaynağının meydana getirdiği gölgeyi göstermektedir. Bu gölge çubuk boyunca ***Görsel 4.22.a'***daki gölgeye göre daha keskindir. Küçük ışık kaynaklarının oluşturduğu gölgelerin daha keskin oluşu ışığın doğru boyunca yayıldığını gösterir. Güneş ışığının oluşturduğu gölgeler çok keskin değildir. Çünkü Güneş yüzeyindeki her nokta ışık yayar. Güneş'in oluşturduğu gölge, gerçekte tek gölge değil Güneş'in yüzeyindeki her noktadan gelen ışınların oluşturduğu gölgelerin bileşimidir.



Büyük bir ışık kaynağının oluşturduğu gölge

Küçük bir ışık kaynağının oluşturduğu gölge

Görsel 4.22: *Gölgelerin keskinliklerindeki farklılığa dikkat ediniz.*



Görsel 4.20: a) *Şeffaf cam, nesnelerin görülmesini sağlar.* ***b)*** *Yarı saydam olan buzlu cam cisimlerin net görülmesini sağlamaz. Ancak ışığın geçmesine izin verir.* ***c)*** *Saydam olmayan duvar ve perde, dışarıdaki manzaranın görülmesini engeller.*

Görsel 4.21: *Ayaklarınızdan yukarıya doğru çıkıldıkça gölgenizin keskinliği değişir.*

Bunları biliyor musunuz?

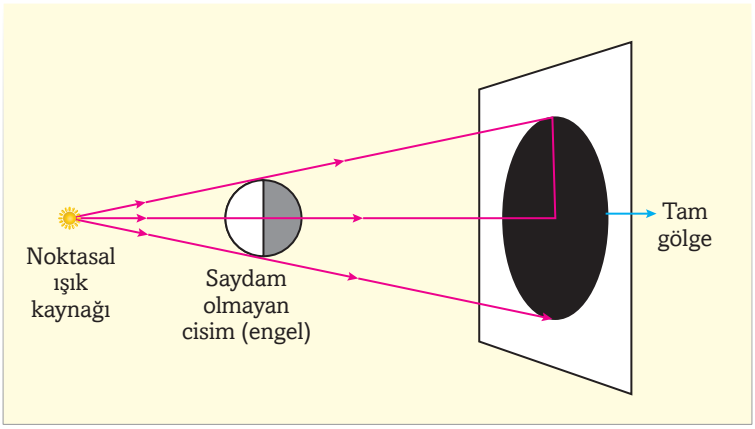
Fotoğraf sanatında ışık ve gölge kullanımı çok önemlidir. Yaratıcı ve sıra dışı fotoğrafçılık, estetik duygusu olan her insana haz verir. Bazı fotoğrafçılar eserlerinde gölge kullanımıyla çok farklı fotoğraflar elde edebiliyor.

https://bit.ly/3sPXK0J

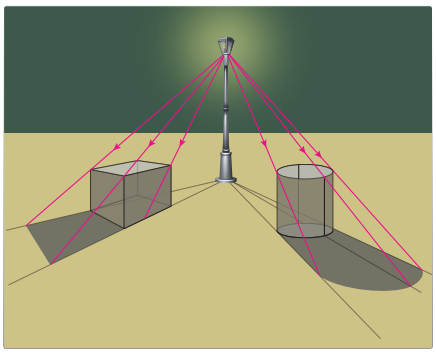
Noktasal ışık kaynakları kullanılarak oluşturulan gölgelerin keskin oluşu fakat güneş ışığının oluşturduğu gölgelerin keskin olmayışının sebebi sizce nedir?

Gölgenin şekil ve büyüklüğü, cismin şekil ve büyüklüğüne bağlıdır. Bununla birlikte gölgenin şekli, ışık kaynağının türüne ve ışığın geliş açısına göre değişebilir. Ayrıca ışık kaynağı ile cisim ve cisim ile ekran arasındaki mesafenin değişmesi oluşan gölgenin büyüklüğünü ve şeklini etkiler. Gölge tam gölge ve yarı gölge olmak üzere ikiye ayrılır. Bir kaynaktan çıkan ışık ışınlarından hiçbirinin ulaşmadığı karanlık bölgeye **tam gölge** denir. Işık ışınlarının bir kısmını alan yarı aydınlık bölgeye ise **yarı gölge** denir. Işık ışınlarının tamamını alan bölgeye ise **aydınlık bölge** denir.

Görsel 4.23'te görüldüğü gibi noktasal ışık kaynağının önüne konulan saydam olmayan bir cismin arkasında tam gölge oluşur.



Görsel 4.23: *Noktasal bir ışık kaynağının meydana getirdiği gölge*

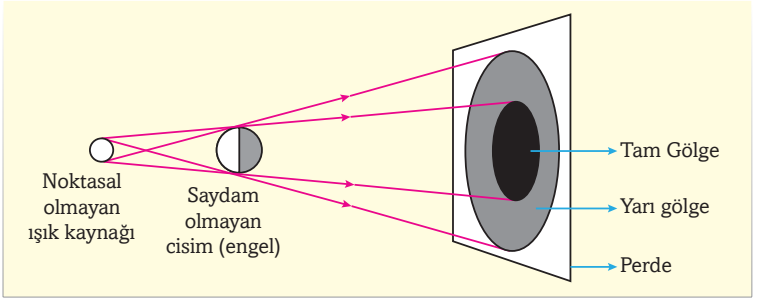


Görsel 4.24: *Cismin şekline göre gölge oluşumu da değişir.*

Kaynak ile cisim, cisim ile gölge arasındaki uzaklıklardan ve benzer üçgenlerden yararlanılarak tam gölgenin alanı bulunabilir. Noktasal bir ışık kaynağından saydam olmayan cisim üzerine gelen ışınlar ekran üzerinde sadece tam gölge oluşturur. Ekran üzerinde oluşan tam gölgenin şekli saydam olmayan cismin en büyük kesiti şeklindedir. Yani saydam olmayan cisim küre şeklinde ise ekran üzerindeki görüntüsü daire, engel küp şeklinde ise gölge kare şeklinde olur. Peki, sizce daire ya da kare şeklindeki cismin ekran üzerindeki gölgelerinin şekli nasıl olur?

Ekran sabit tutulurken ışık kaynağı saydam olmayan cisme yaklaştırılırsa ekran üzerinde oluşan gölgenin büyüdüğü gözlenir. Tersine ışık kaynağı ve ekran sabit tutulurken saydam olmayan cisim ekrana yaklaştırılırsa ekran üzerinde oluşan gölgenin küçüldüğü gözlenir.

NE ÖĞRENDİNİZ? Tam gölge ve yarı gölge nasıl oluşur?



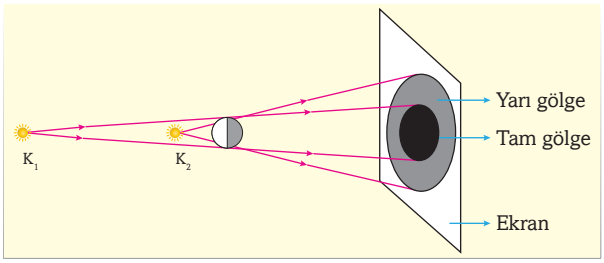
Görsel 4.25: *Küresel bir ışık kaynağının meydana getirdiği tam gölge ve yarı gölge*

Noktasal kaynak yerine küresel bir kaynak kullanıldığında oluşan gölgenin mahiyeti değişir. Bu durumda ***Görsel 4.25***'te görüldüğü gibi meydana gelen gölgede iki kısım oluşur. Bunlardan içteki tam karanlık olan bölge tam gölge, dıştaki yarı karanlık olan bölge ise yarı gölgedir.

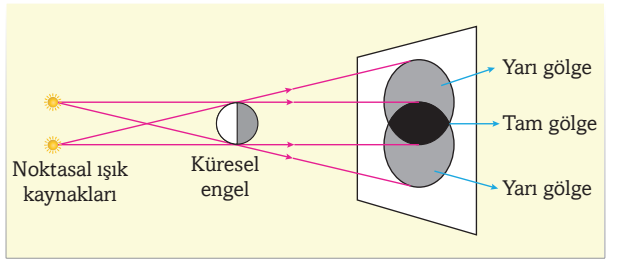
Tam ve yarı gölge olaylarını Güneş ve Ay tutulmaları olaylarında gözlemlemek mümkündür ***(Görsel 4.26)***. Dünya ve Ay hem kendi etrafında dönerlerken hem de Güneş etrafında dolanırlar. Bu dönüş sırasında bazen Dünya, Güneş ile Ay arasına girer bazen de Ay, Dünya ile Güneş arasında girer.

Noktasal ve küresel ışık kaynakları ve saydam olmayan cisim yardımıyla ekran üzerinde farklı gölgeler elde edilebilir. ***Görsel 4.27*** ve ***Görsel 4.28***'deki şekilleri inceleyerek ekran üzerinde oluşan gölgelerin özelliklerini inceleyiniz.

Görsel 4.26: *Güneş tutulmasının uzaydan çekilmiş bir fotoğrafı. Dünya üzerinde karanlık görülen bölge Ay'ın gölgesidir.*

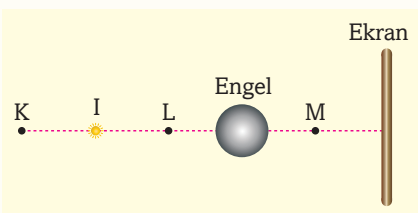


Görsel 4.27: *Aynı yatay doğru üzerindeki iki noktasal ışık kaynağının önüne konulan küresel saydam olmayan cismin ekranda hem gölgesi hem de yarı gölgesi oluşur.*



Görsel 4.28: *Aynı düşey doğru üzerinde duran iki noktasal ışık kaynağının önüne konulan küresel saydam olmayan cismin ekranda oluşturduğu gölgeler, tam bir daire olmaz, sağ ve soldan basık oval bir görünüşe sahip olur. Kaynakların her ikisinden ışık alamayan ara kesit bölgesi tam gölge, diğer kısımlar ise yarı gölgedir.*

ÖRNEK PROBLEM



Noktasal I ışık kaynağı ve saydam olmayan küresel bir engel ile ekran üzerinde bir gölge oluşturulmaktadır. Buna göre;

I. Işık kaynağını K'ya koymak,
II. Işık kaynağını L'ye koymak,
III. Engeli M'ye koymak

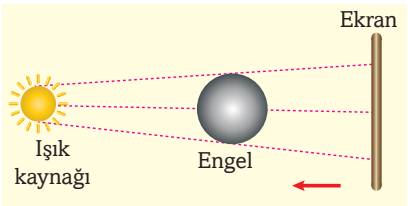
işlemlerinden hangileri tek başına yapılırsa ekran üzerindeki gölgenin küçülmesine sebep olur?

ÇÖZÜM

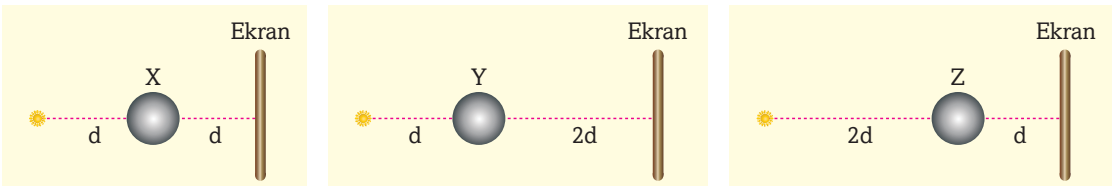
I. Ekran sabit tutulurken ışık kaynağı cisme yaklaştırılırsa ekran üzerindeki gölge büyür. Tersine ışık kaynağı cisimden uzaklaştırılırsa ekran üzerindeki gölge küçülür. Bu bilgiler ışığında ışık kaynağını engelden uzaklaştırmak yani K'ye koymak gölgenin küçülmesine sebep olur. Bununla birlikte perde ve kaynak sabit tutulurken engeli M'ye koymak yani ışık kaynağından uzaklaştırmak ekranda oluşan gölgenin küçülmesine sebep olur. Doğru cevap I ve III maddeleridir.

ALIŞTIRMA

• Küresel ışık kaynağı ve küresel saydam olmayan bir engelle oluşturulan şekildeki düzenekte ekran engele yaklaştırılırsa tam gölge ve yarı gölgenin alanları nasıl değişir? Çizim yaparak gösteriniz.



• Opak X,Y,Z küresel cisimlerinin ekran ve noktasal ışık kaynaklarına uzaklıkları şekildeki gibidir. Bu durumdayken cisimlerin ekran üzerindeki gölgelerinin büyüklükleri eşittir. Kürelerin yarıçaplarının (r_X, r_Y, r_Z) büyüklükleri arasındaki ilişki nedir? Çizim yaparak gösteriniz.



BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

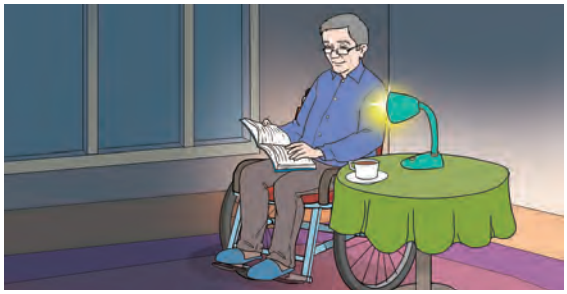
- Kendi cümlelerinizle **ışık şiddeti, aydınlanma şiddeti, ışık akısı** kavramlarını tanımlayınız.
- **Gölge, yarı gölge, ışık kaynağı, fotometre, Güneş ve Ay tutulması** kelimelerini kullanarak cümleler kurunuz.

TARTIŞMA

Bir ampul, aynı özellikteki iki ampulden iki kat daha fazla aydınlatma sağlayabilir mi?

AÇIKLAYINIZ

1. Bir ışık ölçme aracınız var. Bu araç bir elektrik lambasından d kadar mesafeden aydınlanma şiddetini 1 birim göstermektedir. Aynı araç, aynı kaynaktan ne kadar uzaklıkta 2 birimlik aydınlanma şiddeti gösterir?



2. Yukarıdaki resimde görülen lamba kitaptan uzaklaştırılırsa kitap sayfasındaki,

a) Aydınlanma şiddeti nasıl değişir?

b) Işık akısı nasıl değişir?

4.2. YANSIMA VE AYNALAR

Konular

- Yansıma
- Düzlem Aynada Görüntü Oluşumu
- Küresel Aynalar

Anahtar Kavramlar

- yansıma
- odak noktası
- merkez
- tepe noktası
- asal eksen

Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Işığın yansımasını, su dalgalarındaki yansıma olayıyla ilişkilendirebilecek, yansıma kanunlarını açıklayabileceksiniz.
- Düzlem aynada görüntü oluşumunu açıklayabileceksiniz.
- Küresel aynalarda odak noktası, merkez, tepe noktası ve asal eksen kavramlarını açıklayabileceksiniz.
- Küresel aynalarda görüntü oluşumunu ve küresel aynaların özelliklerini açıklayabileceksiniz.

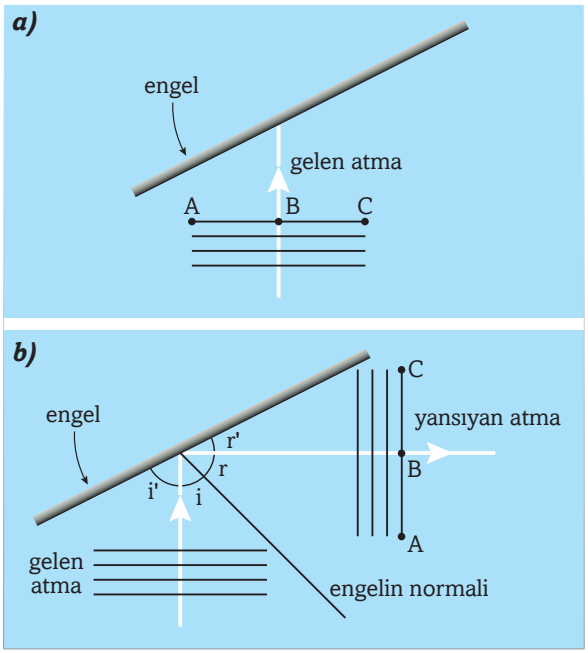
Görsel 4.29: *Düz aynanın önündeki bir nesnenin aynaya uzaklığı ile görüntünün aynaya uzaklığını karşılaştırınız. Hangisi daha uzaktır?*

Görsel 4.30: *Bu ayna hangi amaçla yol kenarına konulmuştur? Peki, neden düz veya çukur ayna değil de tümsek ayna kullanılmıştır?*

Görsel 4.31: *Bu el ne tür bir aynanın önündedir? Bir nesnenin düz ve büyük bir görüntüsü hangi tür aynalarda elde edilebilir?*

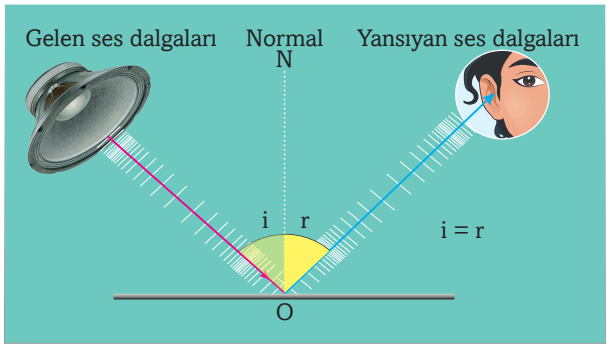
Yansıma

Dalga leğeninde bir cetvelle oluşturulan doğrusal bir atmayı göz önüne alınız. ***Görsel 4.32***, bu atmanın dalga leğeninde bulunan ve atmayla belli bir açı yapan engelden nasıl yansıdığını göstermektedir. Atmanın önce A noktası daha sonra B noktası (ortası), en son C noktası engele çarpıp yansır. Bu olayın aynalarda ışığın yansımasını ifade eden kanuna benzediğini göreceksiniz.

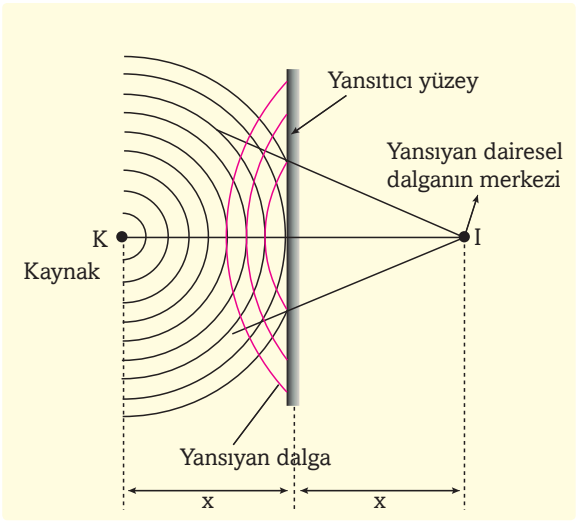


Görsel 4.32: a) *Doğrusal bir atmanın düz engele çarptıktan sonra yansıması*
b) *Doğrusal bir atmanın düz bir engelden yansıması ışığın yansımasına benzer. Gelme açısı (i) yansıma açısına (r) eşittir.*

Görsel 4.32.b'de görüldüğü gibi gelen atma engelle i' açısı, yansıyan atmada r' açısı yapmaktadır. Dalga leğeninde böyle bir deney yapar ve i' ile r' açılarını ölçerseniz her zaman i' = r' olduğunu görürsünüz. Ortaokul yıllarında aynalarda gelme açısının yansıma açısına eşit olduğunu öğrendiniz. Optikte gelme açısı ve yansıma açısı, ışınların yüzey normali ile yaptıkları açılar olarak tanımlanır. Su dalgalarının yayılma doğrultusunun dalga tepelerine dik olduğunu hatırlayınız. Bu durumda su dalgalarında da i gelme açısıyla r yansıma açısını aynı şekilde tanımlayarak i = r bağıntısı hâlinde yazabilirsiniz. Bu bağıntı gelme açısının yansıma açısına eşit olduğunu ifade etmektedir. ***Görsel 4.33***'te görüldüğü gibi yansıma kanunları ses dalgalarında da geçerlidir.



Görsel 4.33: *Yansıma kanunları ses dalgalarında da geçerlidir.*



Görsel 4.34: *Dairesel dalganın düz engelden yansıması*

Görsel 4.34, dairesel bir su dalgasının düz bir engelden tekrar dairesel şekilde yansıdığını göstermektedir. Yansıyan dalganın merkezinin engelin gerisinde olduğunu ve engele uzaklığının gelen dalganın kaynağı ile engel arasındaki uzaklığa eşit olduğunu öğrendiniz. ***Görsel 4.34***'te görüldüğü gibi yansıyan atma sanki engelin gerisinde bulunan bir dairenin merkezindeki kaynaktan geliyormuş gibidir. Bu olay optikte düz aynanın önünde bulunan bir cismin görüntü oluşumuna benzer. Yani aynadan yansıyan ışık aynanın gerisindeki bir noktadan geliyormuş gibi görünür.

NE ÖĞRENDİNİZ? Optikte gelme ve yansıma açıları nasıl tanımlanır?

Yansıma Kanunları

Birçok maddeyi o maddenin yüzeyinden yansıyarak gözünüze ulaşan ışınlar sayesinde görürsünüz. Örneğin Ay'ı görebilmeniz, Güneş'ten gelen ışınların Ay yüzeyinden yansıyarak gözünüze ulaşması sayesindedir. Yansıma olayında ışığın hiçbir özelliği değişmez, sadece hareket yönü değişir.

Peki, ışık ışınları bir yüzeyden nasıl yansır? Işık her yüzeyden yansırken aynı kurallar mı geçerlidir? Bu soruların cevaplarına ulaşmak için 4.2 etkinliğini yapınız.

ETKİNLİK 4.2

Yansıma Kanunları

Araç ve Gereçler

- lazer ışık kaynağı
- 1 adet düz ayna
- 1 adet yaklaşık 40 cm x 40 cm boyutlarında karton levha
- 1 adet açıölçer
- 1 adet keçeli kalem
- oyun hamuru

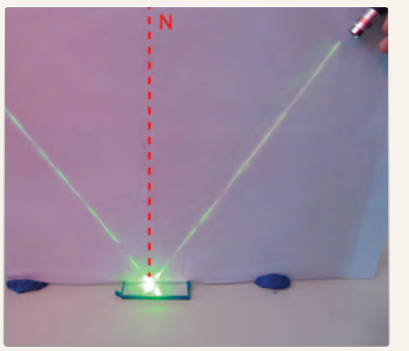
Etkinliğin Amacı

Işığın parlak ve düz yüzeylerden nasıl yansıdığını kavramak ve yansıma kanunlarını ortaya koymak.

(Lazer ışığını hiçbir insanın gözüne tutmayınız!)

Bunları Yapınız

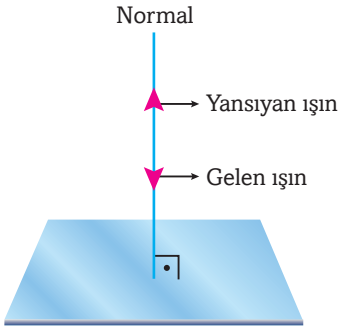
- Karton levhayı oyun hamuru kullanarak masa üzerine dik bir şekilde koyunuz. Düz aynayı kartonun önüne fotoğraftaki gibi yerleştiriniz.
- Sınıfınızı karartınız.
- Lazer ışığının kartonu yalayacak şekilde ayna üzerine düşmesini sağlayınız.
- Aynadan yansıyan ışığın da karton levhayı yalayarak gittiğini gözlemleyiniz.
- Gelen ve yansıyan ışınların izledikleri yolu karton üzerine çiziniz.
- Gelen ışının aynaya değdiği noktadan karton üzerinde dik bir çizgi çiziniz (Bu çizgiye ayna yüzeyinin normali adı verilir.).
- Aynaya gelen ışık ışını ve normal arasındaki açıyı açıölçer kullanarak ölçünüz.



- Aynadan yansıyan ışık ışını ve normal arasındaki açıyı açıölçer kullanarak ölçünüz.
- Lazer ışığının yüzeye farklı doğrultularda gelmesini sağlayarak her defasında gelme açısı ile yansıma açısını ölçünüz.

Soruları Cevaplayınız

- Lazer ışığını kartonu yalayacak şekilde aynaya göndermemizin sebebi nedir?
- Gelme açısıyla yansıma açısı arasındaki ilişki nedir?



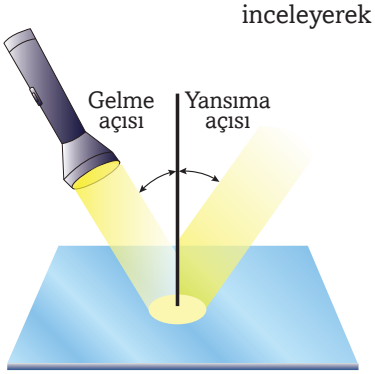
Görsel 4.35: *Bir yüzeye normal doğrultusunda yani dik gelen ışınlar kendi üzerinden geri yansırlar.*

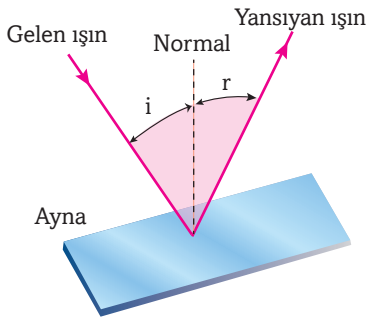
Etkinlikte de görüldüğü gibi ışık ışını, bir ortamda ilerlerken başka bir ortama rastladığı zaman geldiği ortama döner. Yani yansır. Yansıtıcı bir yüzeye gönderilen ışık ışınına **gelen ışın**, yüzeye çarptıktan sonra geldiği ortama geri dönen ışık ışınına da **yansıyan ışın** adı verilir. Yüzey ile 90° lik açı yapacak şekilde çizilen hayali çizgiye de **yüzeyin normali** denir. Yansıtıcı yüzeye dik gelen (normal doğrultusunda) ışın, kendi üzerinden geri yansır. Yansıtıcı yüzeye herhangi bir açıyla gelen ışın bu yüzeyden aynı açı ile yansır. Yansımak üzere aynaya yöneltilen ışınlar, ters taraftan gönderildiğinde yine aynı yolu takip eder. Işık ışınlarının burada olduğu gibi geldiği yoldan geri dönme özelliğine **tersinir özellik** denir. Gelme açısı 0° olduğundan yansıma açısı da 0° olur.

Tüm yansıma olaylarında;

- Gelen ışın, normal ve yansıyan ışın aynı düzlemde bulunur.
- Gelme açısı yansıma açısına eşittir.

Bu ifadelere **yansıma kanunları** denir. Aşağıdaki şekilleri dikkatle inceleyerek yansıma olayını daha iyi anlamaya çalışınız.



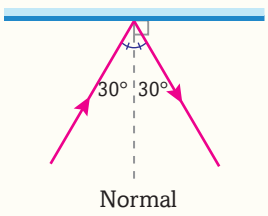


Görsel 4.36: *Bir ışık ışınının bir düzlem aynadaki yansıması*

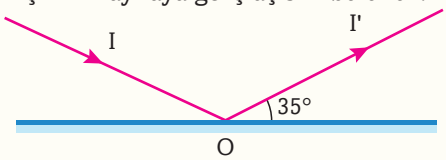
ÖRNEK PROBLEM

1. Bir düz aynaya 30°lik gelme açısıyla gönderilen bir ışık ışınının yansıdıktan sonraki görüntüsünü çiziniz.

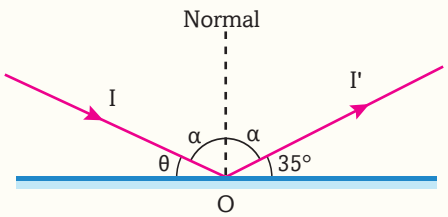
ÇÖZÜM



2. Düzlem aynaya gönderilen I ışını şekildeki gibi I' olarak yansımaktadır. I ışınının aynaya geliş açısını bulunuz.



ÇÖZÜM



$2\alpha + \theta + 35° = 180°$

$\theta = 35°$dir.

$2\alpha + 35° + 35° = 180°$

$2\alpha + 70° = 180°$

$2\alpha = 110°$

$\alpha = 55°$

ALIŞTIRMA

Bir ışık ışını, ayna düzlemi ile 60° lik açı yapacak şekilde gönderiliyor. Şekli çizerek yansıma açısını bulunuz.

Yansıma Türleri

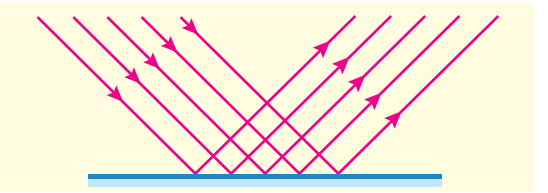
Işığın bir aynadan ve bir duvardan yansımasını düşününüz. Her iki durumda ışık yansıma kanunlarına göre yansır. Buna rağmen aynadaki yansıma bir ışık kaynağı yardımıyla rahatlıkla görülürken duvardaki yansıma neden fark edilmez? Bu iki yansıma arasındaki fark nedir?

Bir ayna pürüzsüz diyebileceğimiz bir yüzeye sahiptir. Bununla birlikte yüzey üzerine çok uzaktan gelen ışınlar birbirine paralel kabul edilir. Yandaki şekilde görüldüğü gibi ayna pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğundan yansıyan ışınlar da birbirine paralel olacaktır. Yandaki çaydanlık fotoğrafında görüldüğü gibi cisimlerin bir yüzeyde net görüntülerinin oluşması için düzgün yansımanın gerçekleşmesi gerekir.

Cisimlerin yüzeylerinin farklı yapıya sahip olması, onların ışığı farklı biçimlerde yansıtmalarına sebep olur. Yüzey ne kadar pürüzlü olursa yansıma da o oranda dağınık olacaktır.

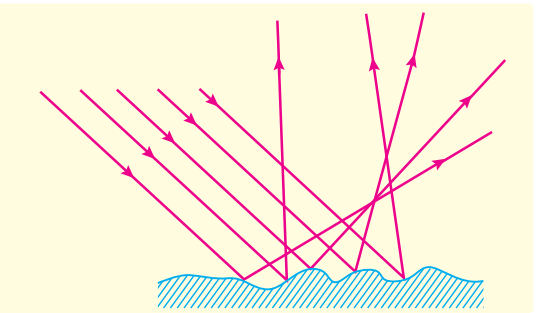
Duvar gibi yüzeyler pürüzsüz yapıya sahip değildir. ***Görsel 4.39***'daki şekilde görüldüğü gibi düzgün olmayan yüzeylere gelen ışık ışınları birbirine paralel olmasına rağmen yüzeyden yansıyan ışınlar her doğrultuda yansımıştır. Bu yansımaya **dağınık yansıma** denir. Eğer bir yüzeyden yansıyan ışınlar düzgün yansımıyorsa ışığın geldiği kaynağı net bir şekilde görmek mümkün değildir.

Görsel 4.40.a'da görüldüğü gibi dalgasız düz bir göl yüzeyinde meydana gelen yansıma hemen hemen düzgün bir yansımaya örnektir. Ancak aynı göl ***Görsel 4.40.b***'de görüldüğü gibi dalgalı olsaydı aşağıdaki fotoğrafta görüldüğü gibi dağınık yansıma söz konusu olacaktı.

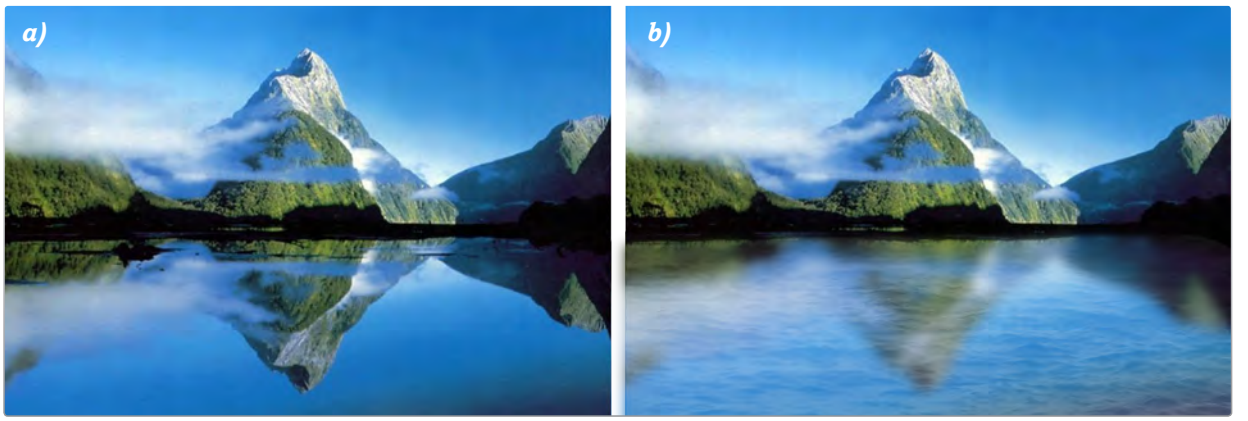


Görsel 4.37: *Pürüzsüz bir yüzeyden yansıma*

Görsel 4.38: *Bu çaydanlık parlak bir yüzeye sahiptir. Bu sebeple ışık, yüzeyden düzgün yansır. Çaydanlık da parlak görünür.*



Görsel 4.39: *Pürüzlü yüzeylerde ışık ışınlarında çok fazla saçılma vardır. Bu sebeple bu yüzeylerde dağınık yansıma meydana gelir.*



Görsel 4.40: ***a)*** *Dalgasız göl yüzeyinde yansıma* ***b)*** *Dalgalı göl yüzeyinde yansıma*

Dalgalı gölde yansıyan görüntünün dalgasız göldeki görüntüye göre bozulmasını daha iyi anlamak için aşağıdaki etkinliği yapınız.

ETKİNLİK 4.3

Dağınık Yansıma

Araç ve Gereçler
- alüminyum folyo

Etkinliğin Amacı

Farklı yüzeylere sahip olan cisimlerin ışığı nasıl yansıttıklarını kavramak.

Bunları Yapınız

- Alüminyum folyoya bakarak görüntünüzü dikkatlice inceleyiniz.
- Alüminyum folyoyu buruşturunuz ve tekrar bakarak görüntünüzü dikkatlice inceleyiniz.
- Her iki durum için folyodaki görüntünüzü karşılaştırınız.

Soruları Cevaplayınız

- Hangi görüntü düzgün, hangi görüntü dağınık yansıma sonucunda meydana gelmiştir?
- Net görüntü oluşması için cismin yüzeyi nasıl olmalıdır?

Görsel 4.41: *Teleskoplar için en önemli parça aynadır. Aynanın çok hassas ve pürüzsüz olması istenir. Resimde James Web Uzay Teleskobu'nun aynasının yapımında çalışan bilim insanları görülmektedir.*

Aynada oluşan görüntünüz gibi düzgün bir görüntü elde etmek istiyorsanız dağınık yansıma, istenen bir durum değildir. Örneğin ***Görsel 4.41***'deki fotoğrafta görüldüğü gibi teleskoplarda kullanılan aynaların parlak ve pürüzsüz olması istenir. Bu sebeple bu aynaların imalatında çalışan mühendisler, çok hassas ve dikkatli çalışmak zorundadırlar. Bununla birlikte yaşantınızda dağınık yansımanın çok önemli bir yeri vardır. Eğer güneş ışığı, düzensiz yüzeylerden ve havadaki toz parçacıklarından saçılmasaydı sadece doğrudan güneş ışığına maruz kalan cisimleri görebilecektiniz.

Kısaca, dağınık yansıma sonucu şunlar olur:

- Daha geniş bir alandaki cisimlerin renkleri ve şekilleri görünebilir.
- Cisimler mat görünürler.
- Cisimlerin bir yüzeyde net görüntüsü oluşmaz.

NE ÖĞRENDİNİZ? Dağınık yansımada yansıma kanunları geçerli midir? Neden?

Düzlem Aynada Görüntü Oluşumu

Bu sabah okula gelirken aynaya baktınız mı? Eğer baktıysanız büyük bir ihtimalle bir düzlem ayna kullandınız ve bu aynada kendi görüntünüzü gördünüz. Düzlem ayna yansıtıcı yüzeyi düz ve pürüzsüz olan bir aynadır. Genellikle cam levhaların bir yüzü, ince bir gümüş tabaka ile kaplanarak düz aynalar elde edilir.

Bir yansımanın özelliklerini anlamak için aynada yansıyacak nesneyi ve o nesnenin görüntüsünün özelliklerini göz önünde bulundurmalısınız. Aynada görüntüsü incelenecek nesne ampul gibi bir ışık kaynağı olabileceği gibi ***Görsel 4.42***'de görüldüğü gibi öğrenci de olabilir.

Görsel 4.43, düzlem aynada bir görüntünün nasıl oluştuğunu göstermektedir. Bir ışık kaynağından gelen ışık ışınları öğrenciye çarpmaktadır. Işık ışınlarının çarptığı her nokta bu ışınları yansıtır. Böylece yansıyan ışınlar her yöne doğru yayılır. Eğer siz bu öğrenciye bakarsanız öğrenciden gelen yansımış ışınlar sizin gözlerinize ulaşır ve öğrenciyi görürsünüz. Ancak öğrenci ile sizin aranıza bir düzlem ayna yerleştirilirse ışık ışınları aynadan tekrar yansır ve öğrenci aynada kendisini görür.

Görsel 4.42: *Lamba, tüm yönlerde ve birbirinden uzaklaşan ışık ışınları üreten bir ışık kaynağıdır. Lambadan gelen ışık ışınları öğrencinin vücudundan dağınık yansır. Öğrenci aydınlatılmış bir cisimdir.*

Işık kaynağından gelen ışınlar öğrencinin vücuduna çarpar ve öğrencinin vücudunun her noktasından farklı doğrultularda yansır.

Işık ışınlarından bir kısmı aynaya doğru gider ve aynadan yansıyarak öğrencinin gözlerine gelir.

Görsel 4.43: *Bir aynada kendinizin bir görüntüsünü görmek iki yansıma olayı sayesinde gerçekleşir.*

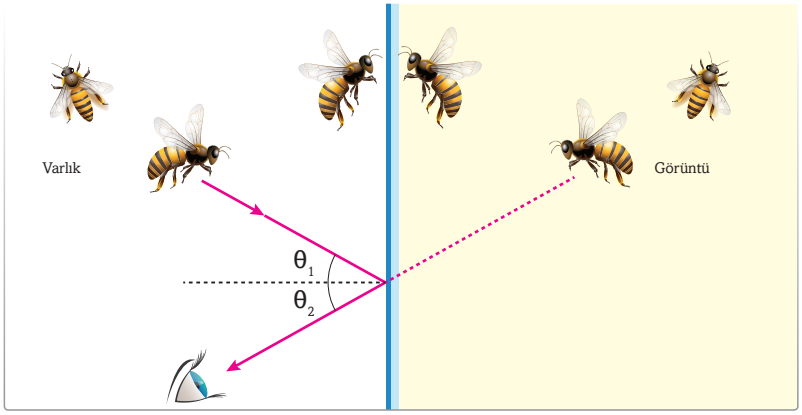
220. sayfada yer alan ***Görsel 4.44***'te yer alan arıyı düşününüz. Bir ışık kaynağından gelen ışık, arının üstündeki bir noktadan yansımaktadır. Yansıyan bu ışık sizce yoluna nasıl devam eder?

Bunları biliyor musunuz?

Yaklaşık 4000 yıl önce, Mısırlılar yansıma olayı için düzgün ve pürüzsüz yüzeyler gerektirdiğini anladılar ve kendi görüntülerini görmek için parlak metaller kullandılar Ancak net ve keskin ayna görüntüleri 1857 yılına kadar elde edilemedi. 1857 yılında Fransız bilim insanı Jean Foucault (Jan Foucolt) cam malzemeleri gümüşle kaplama tekniğini bularak modern aynaların yapılmasının yolunu açtı. Günümüzde alüminyum veya gümüş elementleri cilalı cam üzerine buharlaştırılarak daha fazla yansıtma kabiliyetine sahip aynalar üretilmektedir. Yansıtıcı yüzeylerin kalitesi, lazerler ve teleskoplar gibi optik cihazlarda daha iyi görüntü elde etmek için çok önemlidir.

Zitzewits, P. W. vd. (2005). Physics: Principles and Problems

Işığın bir kısmı arıdan aynaya gider, buradan yansır ve yansıyan bu ışığın bir kısmı gözlemcinin gözlerine çarpar. Ancak gözlemcinin beyni bu ışığı sanki düz bir yoldan geçiyormuş gibi algılar. Yani gözlemcinin beyni ışığın kesik çizgiler ile gösterilen yolu izleyerek aynanın arkasındaki bir noktadan geldiğini zanneder.



Görsel 4.44: *Arıdan gelen ışınlar aynadan yansıyarak göze gelir. Gözlemci bu ışınların aynanın arkasındaki bir noktadan geldiğini zanneder.*

Gerçekte ***Görsel 4.44***'teki gözlemci, arının üzerindeki birçok noktadan gelen ışık ışınlarının aynadan yansımasını görür. Yansıyan ışık ışınları tarafından oluşturulan görüntü noktalarının bileşimi arının görüntüsünü oluşturur. Aynadan yansıyarak göze gelen ışınların aynanın arkasından geliyor gibi görünmesi, görüntünün de aynanın arkasında oluşmasını sağlar. ***Görsel 4.44***'te görüldüğü gibi gerçekte görüntünün bulunduğu yere ışık ışınları ulaşmaz. Sadece aynadan yansıyan ışınların uzantıları buralarda kesişir. Işık ışınların uzantılarının kesiştiği yerlerde oluşan görüntülere **sanal görüntü** denir.

NE ÖĞRENDİNİZ? Sanal görüntü nasıl oluşmaktadır?

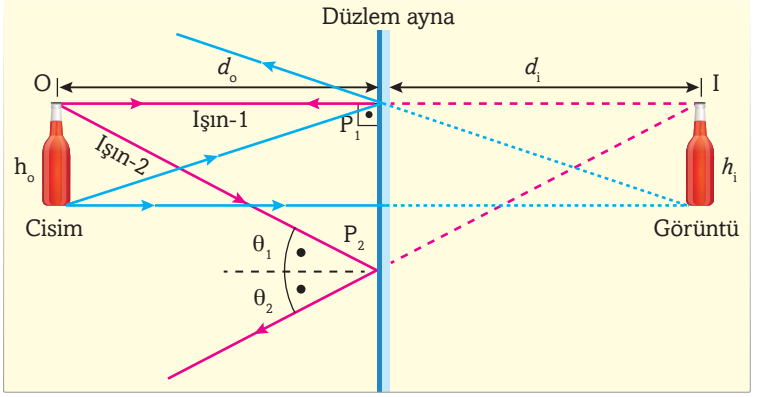
Düzlem Aynaların Özellikleri

Bir düzlem aynaya baktığınızda görüntünüzün de sizin gibi dik ve düz durduğunu görürsünüz. Aynaya doğru hareket ederseniz, görüntünüz de aynaya doğru hareket eder. Aynadan uzaklaşırsanız, görüntünüz de uzaklaşır. Bununla birlikte görüntünüzün aynaya uzaklığının sizin aynaya uzaklığınız ile aynı mesafede olduğunu düşünürsünüz. Peki, bunu test edebilir misiniz?

Vücudunuz ile ayna arasına bir cetvel veya metre yerleştiriniz. Görüntünüz ile ayna arasındaki mesafenin de aynı olduğunu aynadaki cetvel görüntüsünden fark ettiniz mi? Eğer aynadan 1 m uzaktaysanız görüntünüz aynanın arkasında ve aynaya 1 m uzaklıktadır. Görüntü ve sizin aranızdaki mesafe ise 2 m'dir. Aslında, aynada gördüğünüz sizden 2 m uzakta duran sizin görüntünüzdür.

Düzlem aynada vücut boyutunuz ile aynı özellikte görüntü elde edilir. Düzlem aynalar sizin görüntünüzün simetriğini verirler. Eğer ayna karşısında amuda kalkmış bir vaziyette duruyorsanız, aynadaki görüntünüz de amuda kalkmış

şekildedir. Bununla birlikte sizin ve görüntünüzün düzlem aynadaki görüntüsü arasında bir fark vardır. Sol ve sağ taraflar düzlem aynada yer değiştirmiş gibi görünür.



Görsel 4.45: *Işık ışınları (ikisi gösterilmektedir) cisimden ayrılır. Işınlardan bazıları aynaya çarparak göze yansır. Cisimden çıkan bütün ışınlar aynada yansırken uzantılarının kesiştiği yerde görüntü oluşur. Cismin aynaya uzaklığı ile görüntünün aynaya uzaklığı eşittir ($d_0 = d_i$).*

Görsel 4.45'te görüldüğü gibi şişenin ucundaki O noktasından iki ışın çıkarak P_1 noktasında ve P_2 noktasında aynaya çarpmaktadır. Her iki ışın yansıma kanunlarına göre yansır. Yansıyan ışınların uzantıları aynanın arkasında I noktasında kesişir. Bu nokta O noktasının görüntüsüdür. 1. ışın aynaya 0° lik bir gelme açıyla çarptığı için kendi üzerinden yansır. 2. ışın ise belli bir gelme açısıyla aynaya çarpar ve aynı açıyla yansır. ***Görsel 4.45***'te görüldüğü gibi $\widehat{OP_1P_2}$ ve $\widehat{IP_1P_2}$ üçgenleri benzer ve eşit üçgenlerdir. Benzerlikten yararlanarak cismin aynaya göre konumu olan OP_1'in uzunluğunun görüntünün aynaya göre görünen konumu IP_1'in uzunluğuna eşit olduğu sonucu çıkarılır. Görüntü konumunun sanal olduğunu belirtmek için negatif işareti konularak

$$d_0 = -d_i$$

yazılabilir.

Yansıma kanunları ve benzer üçgenleri kullanarak cisim boyu ve görüntünün boyu için

$$h_o = h_i$$

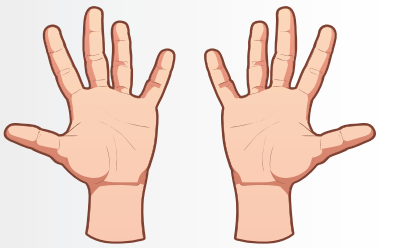
yazılabilir.

Kısaca düzlem aynadaki görüntünün özellikleri şöyledir:

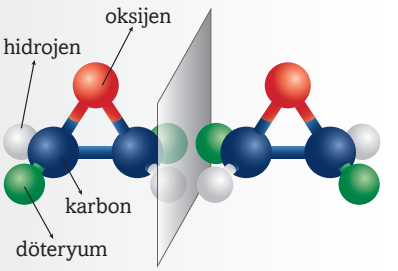
- Cismin görüntüsü aynanın içinde (sanal) oluşur.
- Cisim ve görüntüsünün aynaya uzaklıkları eşittir.
- Cisim ve görüntüsünün boyları eşittir.

Bunları biliyor musunuz?

Ayna Görüntüsü



Sol ve sağ eliniz birbirinin ayna görüntüleridir. Doğada bazı moleküller, birbirinin ayna görüntüsü olan iki biçimde bulunur.



Dideuterooxirane molekülünün ayna görüntüsü

https://bit.ly/3cUxoDZ

(Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

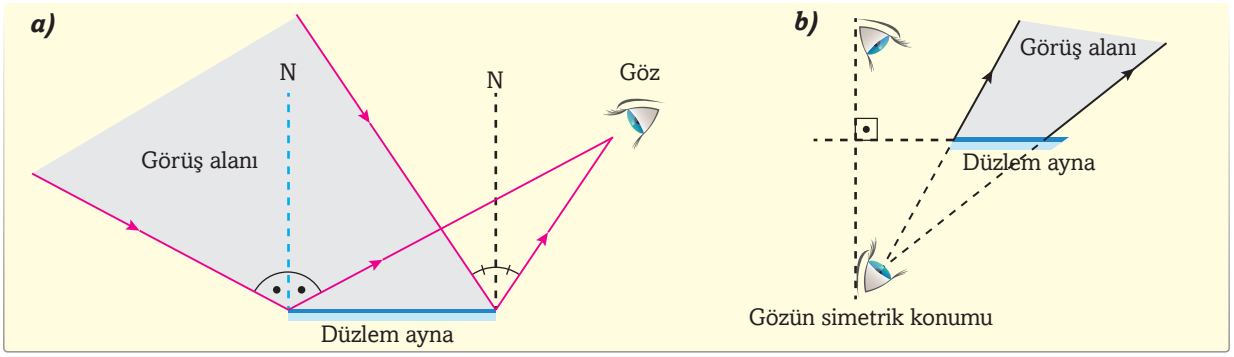
NE ÖĞRENDİNİZ?

Düzlem aynada cisim ve görüntüsünün özellikleri nedir? Karşılaştırınız.

Görüş Alanı Nedir?

Bir cisimden, doğrudan ya da yansıyarak gelen ışınlar gözünüze ulaşırsa o cismi görürsünüz. Cisimden gelen ışınlar gözünüze ulaşamazsa o cismi göremezsiniz. Bir düzlem aynaya bakan kişinin ayna aracılığıyla görebildiği bölgeye **görüş alanı** denir.

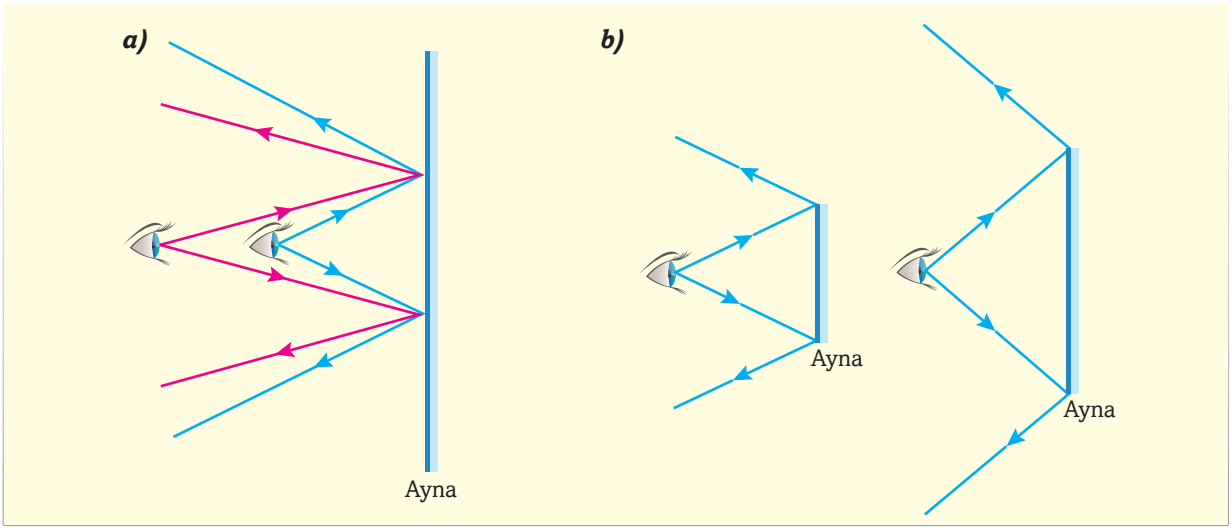
Görüş alanını bulmak için ***Görsel 4.46.a***'da görüldüğü gibi gözden aynanın uçlarına en az iki ışın gönderilir. Yansıyan bu ışınlar arasındaki bölge, gözün aynadaki görüş bölgesidir. Düzlem aynada görüş alanını bulmanın bir başka yolu da ***Görsel 4.46.b***'de görüldüğü gibi gözün aynaya göre simetrik konumundan aynanın iki ucuna ışın göndermektir.



Görsel 4.46: *Düzlem aynada görüş alanı*

Düzlem aynada görüş alanı, gözlemcinin aynadan olan uzaklığı ve aynanın büyüklüğüne bağlıdır. ***Görsel 4.47.a***, aynı aynaya farklı uzaklıklardan bakan iki gözü göstermektedir. Aynaya yakın gözün görüş alanının daha geniş olduğunu fark ettiniz mi? Görüş alanı gözün aynaya olan uzaklığı ile ters orantılıdır.

Görsel 4.47.b ise görüş alanının aynanın boyuna bağlılığını göstermektedir. ***Görsel 4.47.b***'de farklı büyüklüklerdeki iki aynaya aynı mesafeden bakan iki gözü göstermektedir. Büyük aynadaki görüş alanının daha geniş olduğunu fark ettiniz mi? Görüş alanı aynanın boyuyla doğru orantılıdır.



Görsel 4.47: a) *Aynaya yakın olan gözün görüş alanı daha geniştir.* ***b)*** *Ayna büyüdükçe görüş alanı artar.*

ETKİNLİK 4.4

Düzlem Aynadaki Görüş Alanı

Araç ve Gereçler

- farklı boyda düzlem ayna (2-3 adet)
- ayna tutturucu (2 adet)
- oluklu mukavva
- milimetrik kâğıt
- toplu iğneler 10-15 adet

Etkinliğin Amacı

Düzlem aynada görüş alanının nasıl belirlendiğini öğrenmek.

Bunları Yapınız

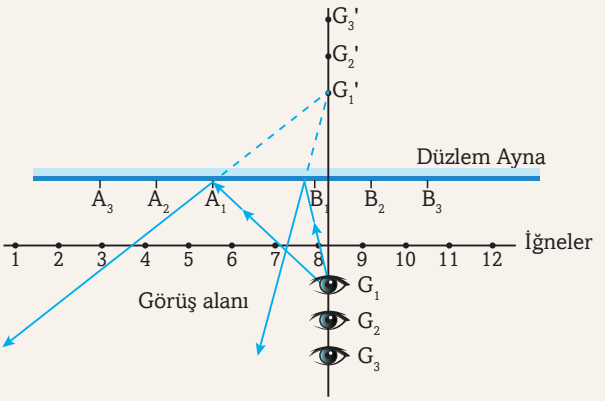
• Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi oluklu mukavva üzerine tercihen milimetrik kâğıt ve onun üzerine düşey olarak düzlem aynayı yerleştiriniz.

• Ayna önünde ayna doğrultusuna paralel çizgi üzerinde 1–1,5 cm aralıklı 10–15 kadar iğne batırınız.

• Ayna önünde üç farklı bakış noktası G_1, G_2, G_3 belirleyerek aynada görebildiğiniz iğneleri Çizelge 1'e kaydediniz.

• G_1 noktasının aynaya göre simetriği G_1' den aynanın kenarlarına teğet olan doğrultuları çiziniz.

• Daha sonra sabit bir bakış noktası belirleyip farklı boyda aynalar kullanarak görebildiğiniz iğneleri Çizelge 2'ye kaydederek işlemleri tekrarlayınız.



Çizelge 1: Ayna boyutu sabit

G'nin Yeri	Görülen İğne Sayısı
G_1	
G_2	
G_3	

Çizelge 2: G'nin yeri sabit

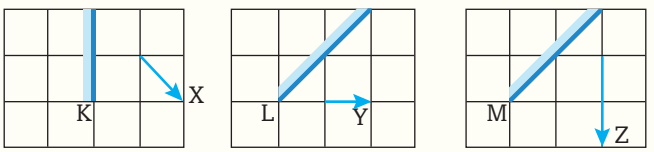
Aynanın Boyutu	Görülen İğneler
A_1B_1	
A_2B_2	
A_3B_3	

Soruları Cevaplayınız

• Aynanın boyu görüş alanını etkiledi mi?

• Gözlemci, aynaya dik bir çizgi üzerinde farklı noktalardan baktığında görüş alanı değişti mi?

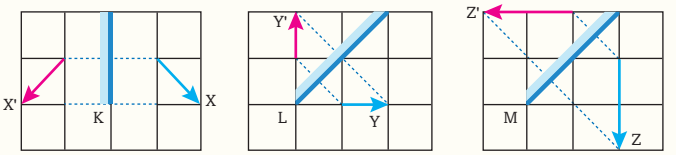
ÖRNEK PROBLEM



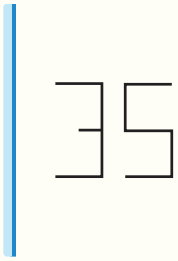
K, L ve M düzlem aynaların önüne konulan X, Y ve Z cisimlerinin görüntülerini çiziniz.

ÇÖZÜM

Cisimlerin düzlem aynada görüntüsünü bulmak için her bir cismin uçlarından aynaya dik ışınlar gönderilmelidir.

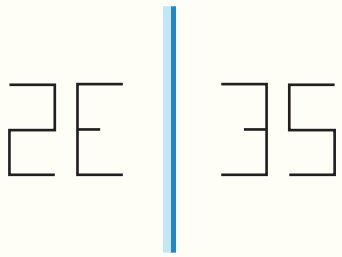


ÖRNEK PROBLEM



35 rakamının şekildeki düzlem aynada oluşan görüntüsünü çiziniz.

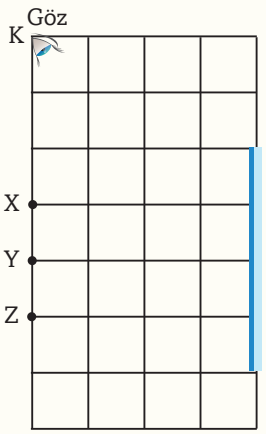
ÇÖZÜM



şeklinde olur.

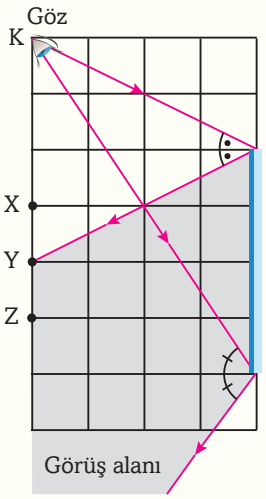
ÖRNEK PROBLEM

K noktasında bulunan bir göz düzlem aynaya bakarsa X, Y ve Z cisimlerinden hangilerinin görüntüsünü görebilir?



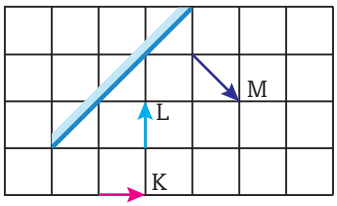
ÇÖZÜM

Gözden aynanın üst ve alt kenarlarına ışınlar gönderip yansıma kanunlarına göre yansıtırsanız, görüş alanı içinde kalan tüm cisimler görünür. Dolayısıyla Y ve Z cisimleri görülebilir.



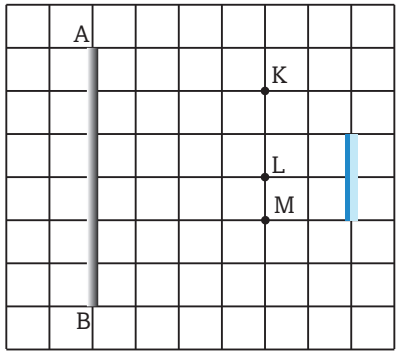
ALIŞTIRMA

• Şekildeki sistemde K, L ve M cisimlerinin düzlem aynadaki görüntülerini çiziniz.



• ANA isminin şekildeki düzlem aynada oluşan görüntüsünü çiziniz.

• Şekildeki düzlem aynaya K, L ve M noktalarından bakan gözlemcilerinden hangileri AB cisminin tamamının görüntüsünü görebilir?



Küresel Aynalar

Görsel 4.48'de görüldüğü gibi Dünya'nın bazı bölgelerinde bulunan bu termal güneş enerjisi santrallerinde, küresel aynalar kullanılarak güneş ışınları belli bir noktaya iletilmekte, bu noktada bulunan yağ, su vb. özel sıvılar ısıtılarak termik santrallerde olduğu gibi buhar basıncı vasıtası ile elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Benzer şekilde siz de ***Görsel 4.49***'da görüldüğü gibi ucuz küresel aynalar kullanarak bahçenizde güneş ışınlarıyla yemek pişirebilirsiniz.

Benzer şekilde astronomlar uzak gök cisimlerinden gelen ışığı toplamak için teleskoplarındaki büyük küresel aynaları kullanırlar ***(Görsel 4.50)***. Böylelikle gözle görülemeyen gök cisimlerinin fotoğraflarını çekebilmektedirler. Sizce ışığı toplayabilen aynaların şekli nasıldır?

Işık ışınları düzlem aynalarda toplanamaz. Çünkü bir düzlem aynada ışık ışınları, düzlem aynanın arkasındaki sanal görüntüden geliyormuş gibi birbirinden uzaklaşarak yansır. Düzlem aynaların aksine küresel aynalar kullanarak aynı kaynaktan çıkan birçok ışın demetini uzayın bir noktasında kesiştirerek görüntüyü bir ekran üzerine düşürebilirsiniz. Küresel ayna nedir? Çeşitleri nelerdir? Hangi özelliklere sahiptir?

Çukur ve Tümsek Aynalar

Her gün yemek yediğiniz bir kaşığın yüzeyine bakarsanız, buradaki ışık yansımalarının bir düzlem aynadakinden farklı olduğunu anlarsınız ***(Görsel 4.51)***. Kaşık kavisli bir ayna görevi görür. Kaşığın iç yüzeyi çukur dış yüzeyi ise tümsek bir yüzeye sahiptir. Kavisli aynaların oluşturdukları görüntülerin özellikleri, aynanın şekline ve nesnenin konumuna bağlıdır.

Parlak bir kaşığın yiyecekleri tuttuğu taraftaki yüzeyi içbükey, dış tarafı ise dışbükey bir ayna gibi davranır. Bir aynanın parlak yüzeyi gözlemciye doğru olacak şekilde içe doğru kıvrılırsa elde edilen bu aynaya **çukur (içbükey) ayna** denir. Tersine aynanın parlak yüzeyi dışa doğru kıvrılırsa elde edilen aynaya **tümsek (dışbükey) ayna** denir.

Çukur ve tümsek aynalar düzlem aynalar gibi ışık dalgalarını yansıtarak görüntü oluşumu sağlarlar. Aradaki fark çukur ve tümsek aynaların kavisli yüzeyinin ışığı düzlem aynadan farklı şekilde yansıtmasıdır.

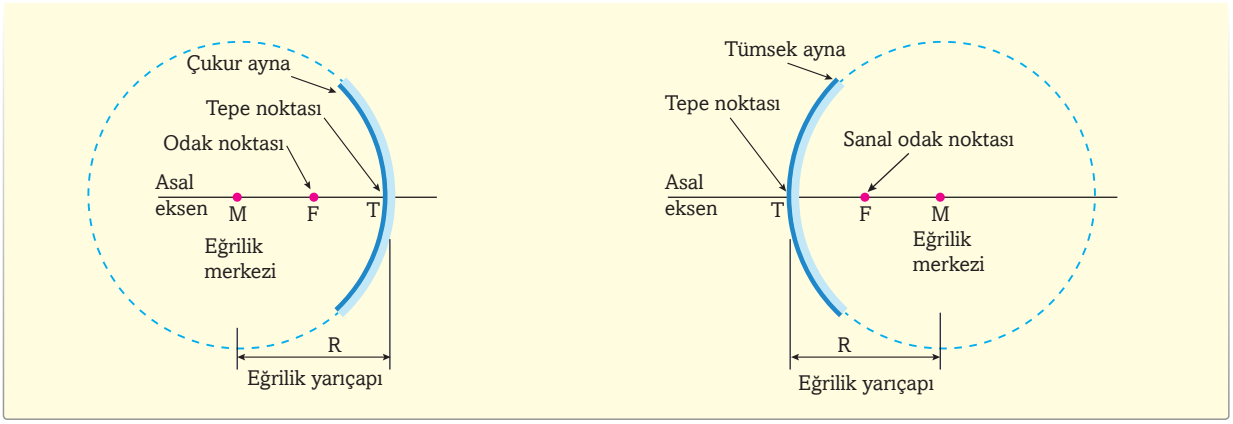
Görsel 4.48: *Bu tip güneş santrallerinde güneş ışınları bir noktada toplanır. Bunun için küresel aynalar kullanılmaktadır.*

Görsel 4.49: *Küresel ayna kullanılarak yapılmış bu güneş fırını sayesinde yemeklerinizi kolaylıkla pişirebilirsiniz.*

Görsel 4.50: *Birçok teleskopta küresel aynalar kullanılır. Yukarıda Hubble Uzay Teleskobunun ana aynası görülmektedir.*

Görsel 4.51: *Parlak bir yemek kaşığının iç tarafı çukur aynadır. Bu aynadaki görüntü oluşumu düzlem aynalardakinden farklıdır.*

Aynanın eğriliğine göre küresel aynaların özellikleri birbirinden farklılık gösterir. ***Görsel 4.52***'de görüldüğü gibi küresel aynalar iç veya dış yüzeyi yansıtıcı olan içi boş bir kürenin bir bölümüymüş gibi düşünülebilir.



Görsel 4.52: *Küresel aynalar içi boş bir kürenin iç veya dış yansıtıcı yüzeyleri gibi düşünülebilir.*

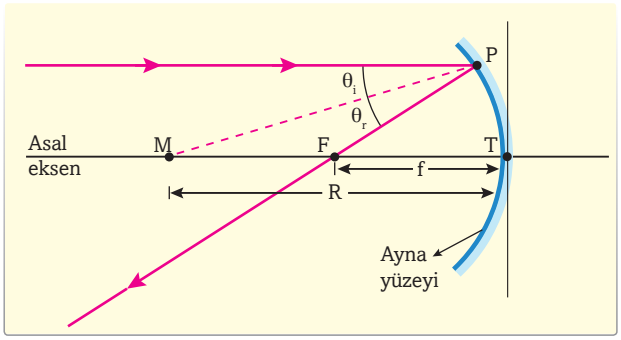
Bunları biliyor musunuz?

Hubble Uzay Teleskobundan gelen ilk görüntüler net değildi. Sorunun, ışığı doğru şekilde odaklayamayan teleskobun aynasının şeklindeki hatadan kaynaklandığı anlaşıldı. Astronotlar 35 saat süren beş uzay yürüyüşüyle iki farklı donanım ekleyerek Hubble'ı onardı. Bu, Hubble'ın daha net görebilmek için gözlük kullandığı anlamına gelmektedir.

Görsel 4.52'den de görüldüğü gibi küresel aynalar, M merkezine ve R eğrilik yarıçapına sahiptir. Aynanın merkezinden geçen ve aynayı ikiye bölen çizgiye **asal eksen** denir. Asal eksen çizgisi aynanın yüzeyine diktir.

Asal eksenin küresel aynayı kestiği noktaya **tepe noktası** denir ve T ile gösterilir. Çukur aynada asal eksene paralel gelip aynadan yansıyan ışınların asal eksenle kesiştiği noktaya **odak noktası** denir ve F ile gösterilir. Odak noktası merkez noktası ile tepe noktasının tam ortasındadır. Çukur aynada odak noktası aynanın parlak yüzeyinin önünde yer alırken tümsek aynalarda ise parlak yüzeyin arkasında yer alır. Küresel aynalarda odak noktası (F) ile tepe noktası (T) arasındaki uzaklığa **odak uzaklığı** denir, f ile gösterilir.

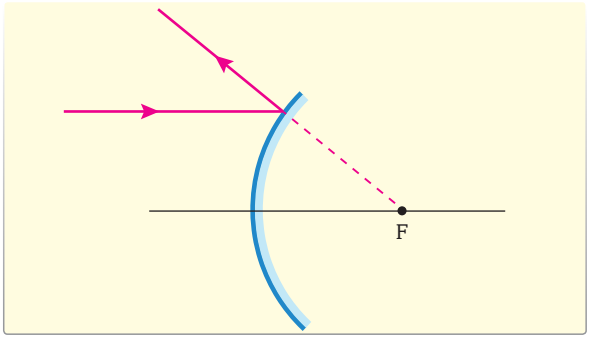
Bir çukur aynanın asal eksenini Güneş'e doğru tuttuğunuzda ışık ışınları, tek bir noktadan geçecek şekilde yansır. Beyaz bir kâğıdı çukur aynaya doğru ileri geri hareket ettirerek bu noktayı tespit edebilirsiniz. Kâğıt üzerinde oluşan en küçük ve en parlak nokta aynanın odak noktasıdır. Bu nokta, asal eksene paralel düşen ışık ışınlarının aynadan yansıdıktan sonra birleştiği noktadır. Güneş çok uzakta olduğu için paralel ışık ışınlarının kaynağıdır. Işık kaynağı çok uzaktaysa oradan gelen ışınlar arasındaki açı küçülür. Dolayısıyla yeryüzüne ulaşan ışınların hepsi pratik olarak birbirine paraleldir.



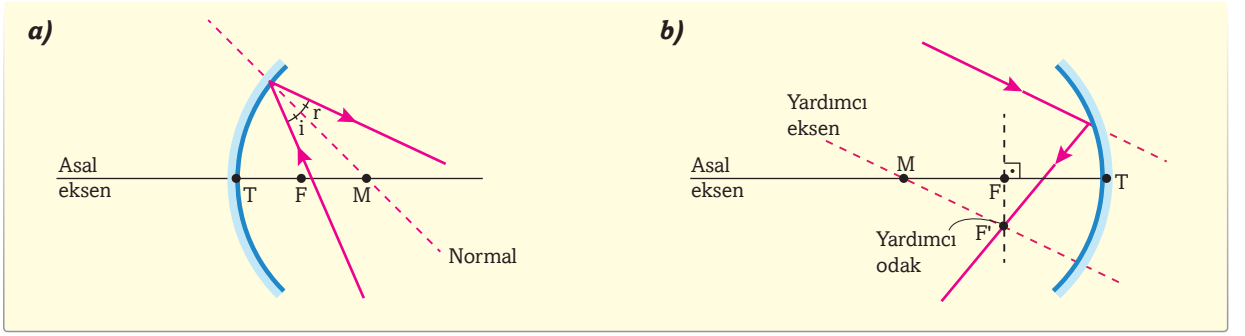
Görsel 4.53: *Çukur aynada asal eksene paralel gelen ışınlar odak noktasından geçecek şekilde yansır.*

Bir ışın bir aynaya çarptığında yansıma kanunlarına göre yansır. ***Görsel 4.53***, asal eksene paralel gelen bir ışının çukur aynadan yansımasını göstermektedir. Işının aynaya çarptığı nokta merkez

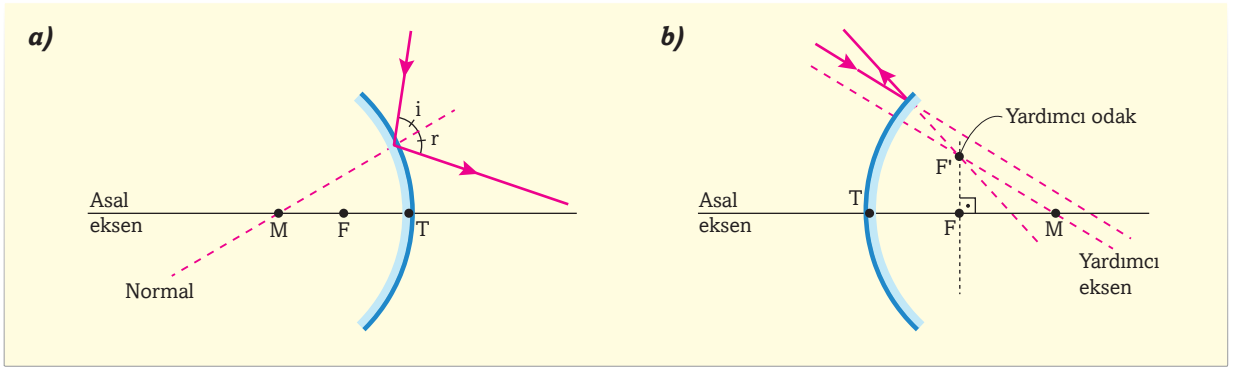
noktası ile birleştirilerek ayna yüzeyinin normali çizilir. Gelen ışının normal ile yaptığı açıya eşit olacak şekilde ($\theta_i = \theta_r$) yansıyan ışın çizilir. Asal eksene paralel gelen ışın için yansıyan ışın odaktan geçecektir. ***Görsel 4.54*** ise bir ışının tümsek aynadan yansımasını göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi tümsek aynada yansıyan ışının uzantısı aynanın odağından geçer. Küresel aynalara rastgele gönderilen herhangi bir ışının yansımasında da bu kural geçerlidir ***(Görsel 4.55.a*** ve ***Görsel 4.56.a)***. Ancak küresel aynalara gönderilen herhangi bir ışının yansımasının çiziminde başka bir metot daha vardır. O da yardımcı eksenden faydalanmaktır. Bu metotta küresel aynaya gelen ışına paralel yardımcı bir çizgi merkez noktasından geçecek şekilde çizilir. Bu çizgiye **yardımcı eksen** denir. Daha sonra başka bir yardımcı çizgi, odağa dik olacak şekilde çizilir. Bu çizginin yardımcı ekseni kestiği noktaya **yardımcı odak noktası** (F') denir. Sonuç olarak, yardımcı eksene paralel gelen ışınlar, çukur aynada yardımcı odak noktasından geçecek şekilde, tümsek aynada ise uzantısı yardımcı odaktan geçecek şekilde yansır. ***Görsel 4.55.b*** ve ***Görsel 4.56.b***'ye bakarak herhangi bir ışın için yansıma çizimlerini anlamaya çalışınız.



Görsel 4.54: *Tümsek aynada asal eksene paralel gelen ışınlar uzantısı odak noktasından geçecek şekilde yansır.*



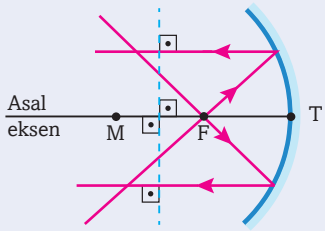
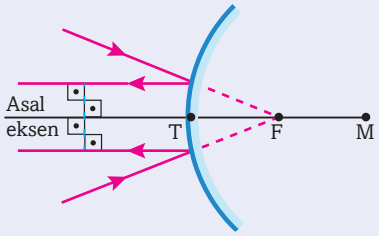
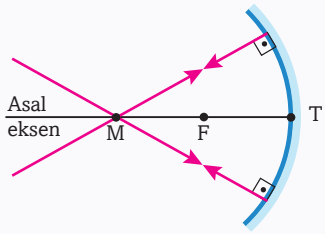
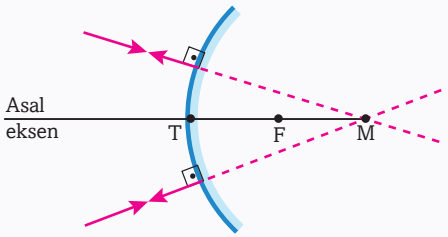
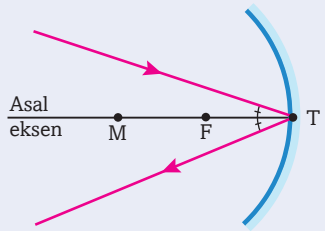
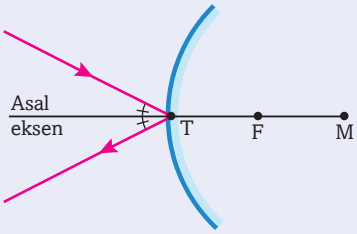
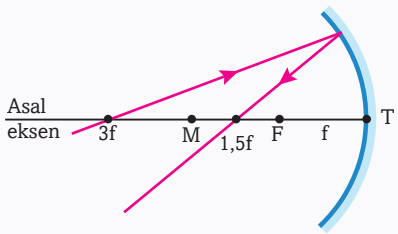
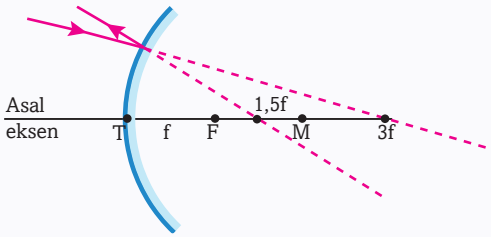
Görsel 4.55: *Çukur aynada herhangi bir ışının yansıması*



Görsel 4.56: *Tümsek aynada herhangi bir ışının yansıması*

Küresel aynalarda görüntü çizimlerinde kullanılan belli başlı özel ışınlar ***Tablo 4.2***'de verilmiştir. Dikkatle inceleyerek anlamaya çalışınız.

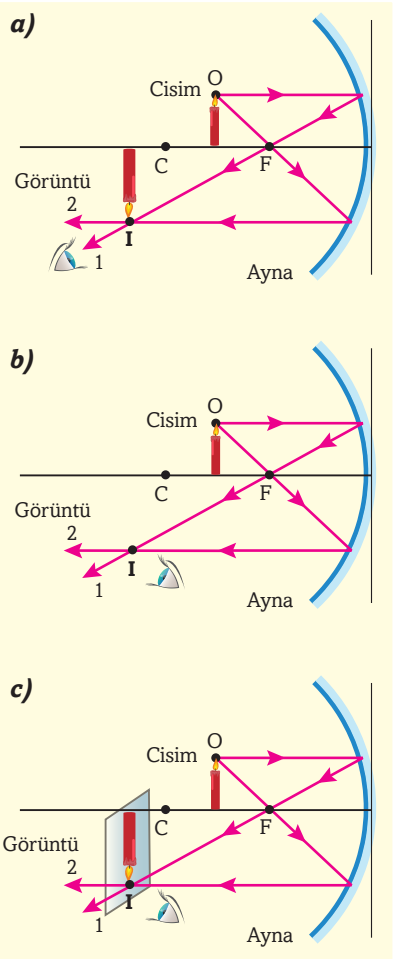
Tablo 4.2: *Küresel Aynalarda Özel Işınlar*

Çukur Ayna	Tümsek Ayna
	
1. Çukur aynanın odak noktasına konulan noktasal ışık kaynağından çıkan ışınlar, aynada yansıdıktan sonra asal eksene paralel gider.	**1.** Tümsek aynanın arkasındaki sanal odak noktasına doğru gelen ışınlar, yansıdıktan sonra asal eksene paralel olarak gider.
	
2. Çukur aynanın merkezinden gelen ışınlar, normale çakışık geldiğinden ayna yüzeyine dik çarpar. Bu nedenle geldiği yoldan geri döner.	**2.** Tümsek aynanın merkezine doğru gelen ışınlar, normale çakışık doğrultuda geldiği için ayna yüzeyine dik çarpar ve geldiği yoldan geri döner.
	
3. Çukur aynanın tepe noktasına gelen ışınlar ile yansıyan ışınlar, asal eksen ile eşit açı yapar. Çünkü asal eksen tepe noktasının normalidir.	**3.** Tümsek aynanın tepe noktasına gelen ışınlar ile yansıyan ışınlar, asal eksen ile eşit açı yaparak yansır. Çünkü asal eksen, tümsek aynanın tepe noktasındaki yüzey normalidir.
	
4. Çukur aynaya asal ekseni 3f noktasında keserek gelen ışın 1,5f den geçecek şekilde yansır.	**4.** Tümsek aynaya asal ekseni 3f noktasında kesecek doğrultuda gelen ışınların uzantısı, 1,5f den geçecek şekilde yansır.

NE ÖĞRENDİNİZ? Herhangi bir ışının küresel aynalardaki yansıması nasıl çizilir?

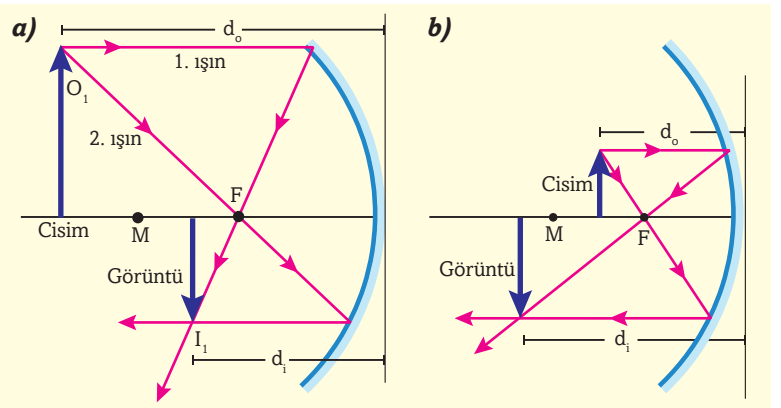
Küresel Aynalarda Görüntü Oluşumu

Işık ışınlarının küresel aynalardan nasıl yansıdığını öğrendiniz. Bu aynalarda görüntünün sadece konumu değil aynı zamanda yönü ve boyu da değişebilir. Küresel aynalarda oluşturulan görüntünün özelliklerini belirlemek için ışın diyagramı kullanılır. ***Görsel 4.57***'de görüldüğü gibi gelen ışınlar çukur aynada yansıdıktan sonra kesiştikleri yerde görüntü oluşur. Aynı şekilde bu görsel, bir cismin çukur aynadaki gerçek görüntü oluşumunu göstermektedir. Aynadan yansıyan ışınların kendisi kesişiyorsa, bu kesişim noktasında oluşan görüntüye **gerçek görüntü** denir. Görüntü, ters ve cisimden daha büyüktür. Yansıyan iki ışının kesişme noktası (I), görüntünün konumunu belirler. Eğer ***Görsel 4.57.a***'da görüldüğü gibi gözlerinizi uygun yere yerleştirirseniz boşlukta görüntüyü görebilirsiniz. Görüntüyü görebilmeniz için gözünüzü görüntüden gelen ışınları görecek şekilde konumlandırmalısınız. ***Görsel 4.57.b***'de görüldüğü gibi görüntüye arkadan bakarsanız göremezsiniz. Çünkü bu durumda gözünüze ulaşan herhangi bir ışın bulunmamaktadır. Eğer ***Görsel 4.57.c***'deki gibi bu noktaya bir ekran yerleştirirseniz görüntü ekrana düşer. Ancak bunu sanal görüntülerle yapamazsınız. Çünkü sanal görüntüler aynanın içindeymiş gibi aynanın arkasında oluşur. Gerçek görüntüler ekran üzerine düşürülebilmelerine rağmen, sanal görüntüler ekran üzerine düşürülemezler.



Görsel 4.57: a) *Göz gerçek görüntüyü görebilir.* ***b)*** *Göz görüntüyü oluşturan ışınları yakalayacak bir konumda değilse gerçek görüntü görülemez.* ***c)*** *Beyaz opak ekranda görülen gerçek bir görüntü*

Küresel aynalarda ışınların izlediği yolu anlamak için genellikle ok gibi tek boyutlu cisimler kullanılır. Bununla birlikte görüntülerinin konumlarını ve özelliklerini bulmak için en az iki özel ışın kullanılır. Gerçek ışınlar için düz çizgiler, sanal ışınlar (aynanın arkasında var olduğu düşünülen) için ise kesikli çizgiler kullanılır. ***Görsel 4.58.a***, bir çukur aynada görüntü oluşumunu göstermektedir. Aynanın önündeki cisim merkezden ötede ise görüntünün ters, gerçek ve odak ile merkez arasında oluştuğunu fark ettiniz mi? Ayrıca oluşan görüntü cisimden küçüktür. ***Görsel 4.58.b***'de gösterildiği cisim çukur aynanın merkezi ile odak noktası arasına yerleştirilirse görüntü ters, gerçek ve merkezden ötede oluşur. Oluşan görüntünün boyu cismin boyundan büyüktür.



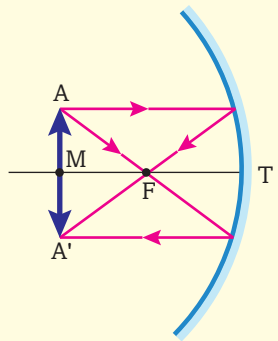
Görsel 4.58: *Çukur aynada görüntü oluşumu* ***a)*** *Merkezden ötedeki cismin görüntü oluşumu* ***b)*** *Odak ile merkez arasındaki cismin görüntü oluşumu*

Araştırınız

Günlük yaşamda küresel ayna gibi davranan cisimler nelerdir? Örnekler veriniz.

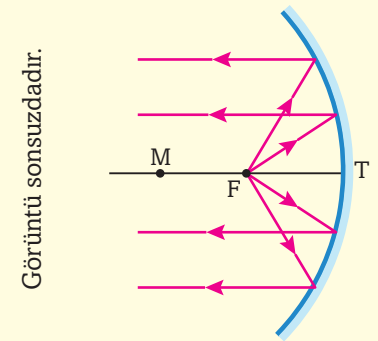
Çukur aynalarda cismin konumuna bağlı olarak bazı görüntü oluşum çizimleri ve görüntü özellikleri ***Görsel 4.59***'da verilmiştir. İnceleyiniz.

a)



Çukur aynada merkezde bulunan bir cismin görüntüsü yine merkezde, ters ve gerçektir. Boyu ise cismin boyuna eşittir.

b)



Çukur aynanın odağındaki noktasal bir cismin görüntüsü sonsuzdadır.

Görsel 4.59: *Çukur aynada farklı noktalarda bulunan cismin görüntü oluşumları*

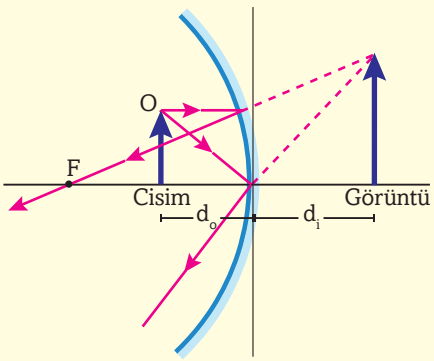
Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/2VzuPAo
- https://bit.ly/2IRhPAe
- https://bit.ly/2LbKyBT

Bir cisim, çukur aynanın odak noktasına yaklaştıkça görüntünün aynadan uzaklaştığını gördünüz. Cisim odak noktasında ise tüm yansıyan ışınlar paraleldir. Bu nedenle hiç karşılaşmazlar ve görüntünün sonsuzda olduğu söylenir. Bu nedenle cisim asla görülemez.

Yüzünüzü çukur aynaya yaklaştırırsanız aynada ne görürsünüz? ***Görsel 4.60***'ta görüldüğü gibi bir cisim çukur aynanın tepe ve odak noktası arasında bulunuyorsa oluşan görüntü sanaldır. Sanal görüntünün yerini bulmak için yine cisimden aynaya iki ışın gönderilir. Daha önceki çizimler gibi 1. ışın, asal eksene paralel çizilir ve odak noktasından yansıtılır. 2. ışın ise cisimden aynanın tepe noktasına gönderilir ve aynı açı yapacak şekilde yansıtılır. 1 ve 2 ışınları aynadan birbirinden uzaklaşarak yansıdıkları için gerçek görüntü oluşmaz. Ancak bu ışınların uzantıları aynanın arkasında kesiştikleri için şekildeki gibi sanal görüntü oluşur.

a)



b)

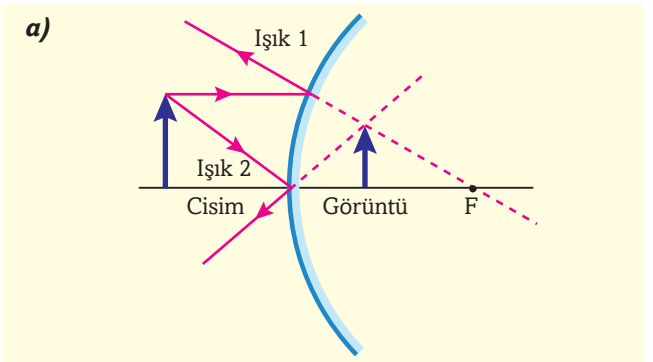
Görsel 4.60: a) *Bir cisim, odak noktası ve çukur ayna arasında ise oluşan görüntü cisimden büyük düz ve sanaldır.* ***b)*** *Bir mumun çukur aynadaki sanal görüntüsü*

Bir kaşığın parlak iç yüzeyinin çukur ayna gibi davrandığını biliyorsunuz. Kaşığı çevirirseniz dış kısım bir tümsek ayna görevi görür. Kaşığın bu tümsek kısmına baktığınızda düz ancak daha küçük bir görüntünüzün oluştuğunu fark ettiniz mi?

Görsel 4.61'de bir tümsek aynada görüntü oluşumu gösterilmektedir. Tümsek aynaya gelen ışınlar her zaman birbirlerinden uzaklaşarak yansırlar. Bu nedenle tümsek aynalarda her zaman sanal görüntü meydana gelir. ***Görsel 4.62.a*** iki ışın kullanılarak çizilmiştir. Ancak sonsuz sayıda ışın olduğunu unutmayınız. 1. ışın asal eksene paralel olacak şekilde aynaya çarpar ve uzantısı odak noktasından geçecek şekilde yansır. 2. ışın ise tümsek aynanın tepe noktasına çarpar ve asal eksenle aynı açı yapacak şekilde yansır. Yansıyan bu iki ışın, birbirinden uzaklaşarak yol alır ve aynanın arkasında kesişir. Tümsek ayna tarafından oluşturulan görüntü, cisme göre düz ve daha küçük olan bir sanal görüntüdür. Cisim tümsek aynaya yaklaştıkça görüntü daha da küçülür.

Görsel 4.61: *Parlak bir yemek kaşığının dış tarafı tümsek aynadır.*

a)

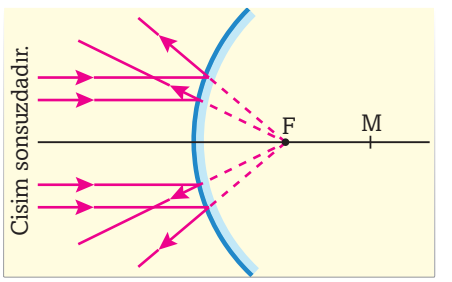


b)

Görsel 4.62: a) *Tümsek ayna her zaman cisim ile karşılaştırıldığında düz ve daha küçük sanal bir görüntü oluşturur.* ***b)*** *Bir mumun tümsek aynada görüntüsü*

Tümsek ayna önünde bir cisim nerede olursa olsun cismin görüntüsü her zaman odak ile tepe noktası arasında oluşur. Cisim sonsuzda ise tümsek aynadaki görüntüsü odak noktasında, sanal ve noktasal olarak oluşur ***(Görsel 4.63)***.

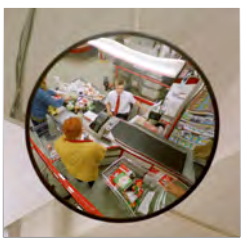
Tümsek aynaların oluşturdukları görüntüler, cisimlerden daha küçük olduğu için günlük yaşamda kullanımı sınırlıdır. Ancak tümsek aynaların bu özelliği bazen pratik kullanım olanağı bulmaktadır. Aşağıda tümsek aynaların kullanıldığı alanlardan bazıları sıralanmıştır.



Görsel 4.63: *Sonsuz uzaklıkta bulunan bir cismin görüntüsü sanal ve odak noktasında noktasal olarak oluşur.*

Arabaların yan aynalarında

Kavşak güvenlik aynalarında



Mağaza güvenlik aynalarında

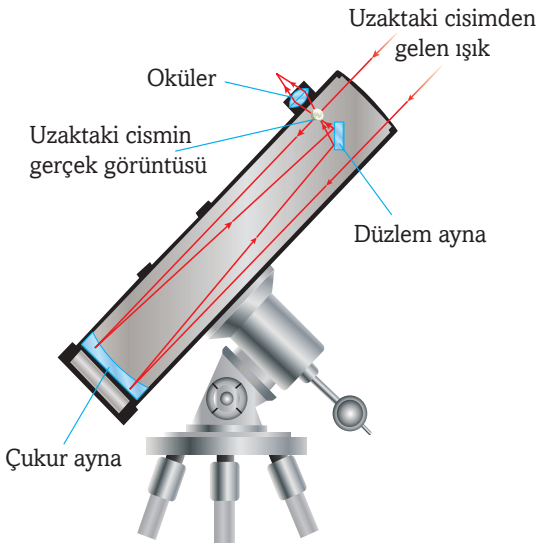
Araç altını gösteren aynalarda

Görsel 4.64: *Günlük hayatta tümsek aynalar genellikle güvenlik amaçlı kullanılırlar.*

NE ÖĞRENDİNİZ? Çukur ve tümsek aynalarda görüntü özellikleri nelerdir?

Tablo 4.3: *Aynalardaki Görüntülerin Karşılaştırmalı Özellikleri*

Ayna Tipi	Cismin Konumu	Görüntünün Özelliği		Büyüklüğü
		Sanal/Gerçek	Düz/Ters	
Düzlem	Cisim her konumda	Sanal	Düz	Cisimle aynı boyda
Çukur	Cisim merkezden daha uzakta ise	Gerçek	Ters	Cisimden küçük
	Cisim odak ile merkez arasında ise	Gerçek	Ters	Cisimden küçük
	Cisim odak noktasında ise	Görüntü yok	Görüntü yok	Görüntü yok
	Cisim odak ile tepe noktası arasında ise	Sanal	Düz	Cisimden büyük
Tümsek	Cisim her konumda	Sanal	Düz	Cisimden küçük



Görsel 4.65: *Bir yansıtmalı teleskopta görüntü oluşumu*

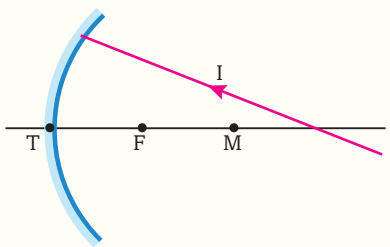
Yansıtmalı Teleskoplar ve Aynalar

Günümüzde kullanılan teleskopların çoğu yansıtmalı teleskoplardır. Yansıtmalı bir teleskop uzaktaki cisimlerden gelen ışığı toplamak ve odaklamak için bir çukur ayna ve bir düz ayna kullanır. Bunun yanında bir de ince kenarlı bir mercek kullanır. ***Görsel 4.65***, yansıtmalı bir teleskopun yapısını şematik olarak göstermektedir. Uzak bir cisimden gelen ışık, teleskopun bir ucundan içeri girer ve karşı uçta çukur aynaya çarpar. Çukur aynaya paralel gelen ışınlar bu aynaya çarptıktan sonra birbirine yaklaşacak şekilde yansır. Bu yansıyan ışınlar, çukur aynanın odağında kesişmeden önce teleskop içinde belli açıda yerleştirilmiş düzlem aynaya çarpar. Işık bu aynadan teleskobun okülere doğru yansıtılır. Işık ışınları, bu merceğin odak noktasında birleşerek uzaktaki cisimlerin gerçek görüntüsünü oluştururlar.

Şimdi değişik örnekler yaparak küresel aynaların özelliklerini daha iyi anlamaya çalışınız.

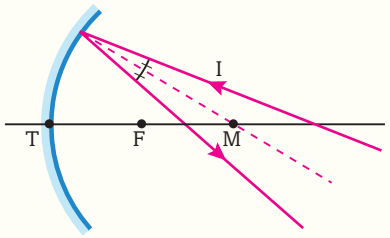
ÖRNEK PROBLEM

Çukur aynaya şekildeki gibi gelen I ışınının yansıdıktan sonra izlediği yolu çiziniz.



ÇÖZÜM

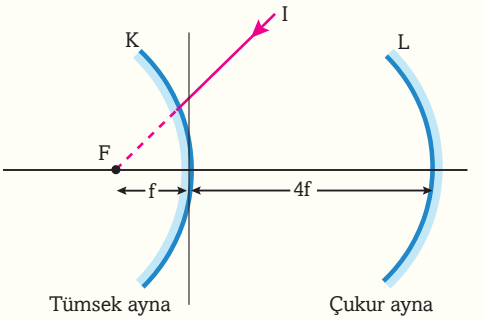
Merkezden gelen doğru aynaya dik çarpar. Bu nedenle bu doğru, aynada çarptığı noktanın normalidir. Gelen ışın bu doğru ile eşit açı yapacak şekilde yansır. Bu bilgiler ışığında gelen ışının yansıdıktan sonraki yolunu çizersek aşağıdaki gibi olur.



ÖRNEK PROBLEM

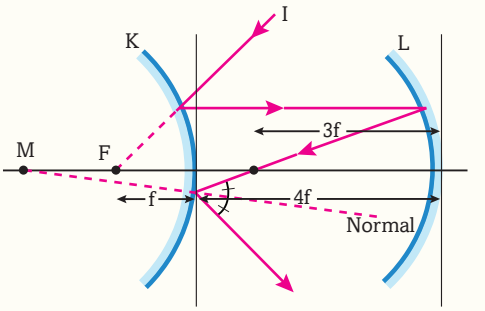
• Odak uzaklıkları f olan K tümsek aynası ile odak uzaklığı 3f olan L çukur aynasıyla kurulan sisteme I ışık ışını şekildeki gibi gönderilmiştir.

Buna göre I ışık ışınının K tümsek aynasından ikinci kez yansıdıktan sonra izlediği yol nasıldır?



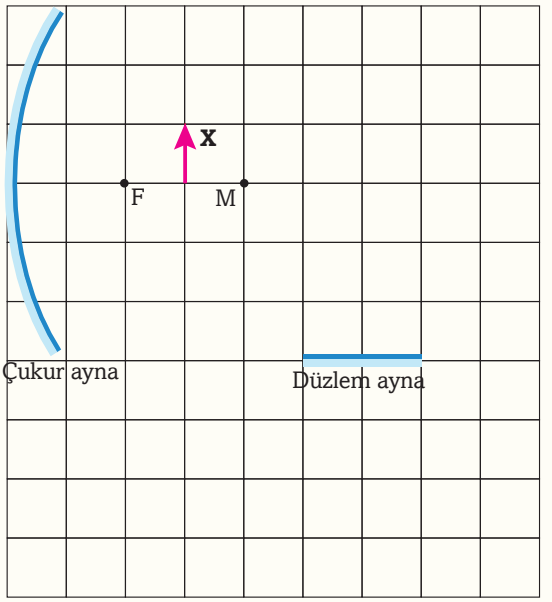
ÇÖZÜM

Tümsek aynaya odak doğrultusunda gelen ışın, asal eksene paralel yansır. Yansıyan bu ışın çukur aynanın asal eksenine paralel olur. L çukur aynasına asal eksene paralel olarak gelen ışın L çukur aynasının odağından geçecek şekilde yansır. K tümsek aynasına gelen bu ışın K aynasının merkezinden çizilen normal doğrusu ile eşit açı yapacak şekilde yansır.

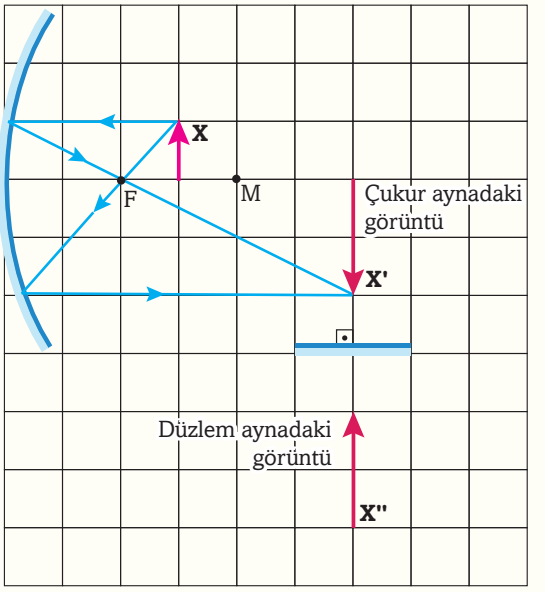


ÖRNEK PROBLEM

• Şekildeki çukur aynanın odağı ile merkezi arasında bulunan X cisminin önce çukur sonra düzlem aynada oluşan görüntüsü nasıldır?

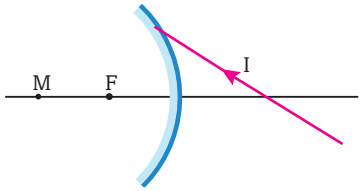


ÇÖZÜM

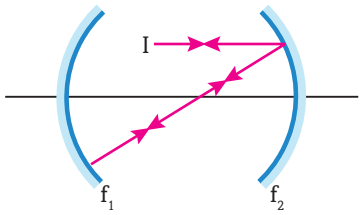


ALIŞTIRMA

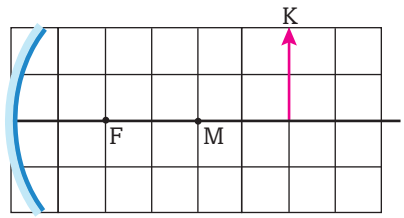
• Odak noktası F, merkezi M olan bir tümsek aynaya şekildeki gibi gelen I ışınının yansıtıldıktan sonraki izlediği yolu çiziniz.



• Odak uzaklıkları f_1 ve f_2 olan çukur aynalara gönderilen I ışınının yansıması şekildeki gibidir. Buna göre aynalar arasındaki mesafe f_1 ve f_2 cinsinden nedir?



• Şekilde görülmekte olan K cisminin odak noktası F, merkezi M olan çukur aynadaki görüntüsü nerede oluşur? Görüntünün yeri ve özelliklerini çizerek gösteriniz.



BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- Her kelimeyi ayrı bir cümlede kullanınız: **odak noktası, asal eksen, gerçek görüntü ve sanal görüntü.**
- Kendi cümlelerinizle **düzlem ayna, çukur ayna** ve **tümsek ayna**yı tanımlayınız ve bu aynalardaki görüntü oluşumu hakkında kısa bilgi veriniz.

AÇIKLAYINIZ

1. Bir çukur aynayı dikkate alınız. Bir cismin bu çukur aynadaki görüntüsü daima ters ve gerçek midir? Cevabınızı açıklayınız.

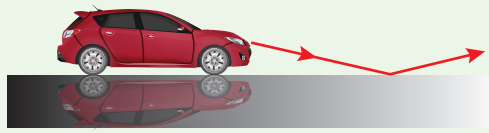
2. Bir cisim, bir çukur aynanın odak ile tepe noktası arasındadır. Bu cisim aynaya yaklaşırsa görüntüsü nasıl değişir?

3. Bir kitabın sayfalarının pürüzsüz ve parlak olmasından ziyade pürüzlü olması istenir? Neden?

UYGULAMA

4. Kuru yol, ıslak yola göre ışığı daha fazla dağınık yansıtır. Yandaki şekle bakarak ıslak yolun kuru yola göre geceleri şoföre neden daha fazla karanlık geldiğini açıklayınız.

Kuru asfalt



Islak asfalt

4.3. KIRILMA VE MERCEKLER

Konular

- Kırılmanın 2. Yasası: Snell Yasası
- Tam Yansıma
- Mercekler

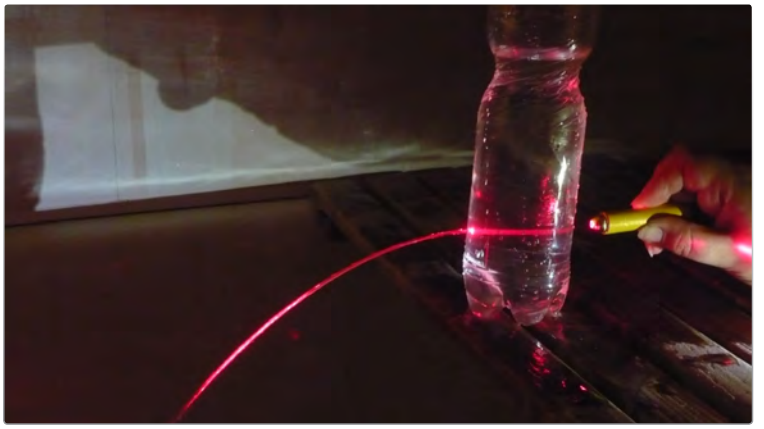
Anahtar Kavramlar

- kırılma
- kırıcılık indisi
- Snell Yasası
- tam yansıma
- sınır açısı
- görünür uzaklık

Bölüm Bittiğinde Yapabilecekleriniz

- Işığın kırılmasını, su dalgalarında kırılma olayı ile ilişkilendirebileceksiniz.
- Işığın tam yansıma olayını ve sınır açısını analiz edebileceksiniz.
- Farklı ortamda bulunan bir cismin görünür uzaklığını etkileyen sebepleri açıklayabileceksiniz.
- Merceklerin özelliklerini ve mercek çeşitlerini açıklayabileceksiniz.
- Merceklerin oluşturduğu görüntünün özelliklerini açıklayabileceksiniz.

Görsel 4.66: *Bu fotoğraf fotoşoplu mu yoksa gerçek midir? Eğer gerçek olduğunu düşünüyorsanız bir kutup ayısının suyun üstündeki kısmının sağa kaymış olarak çıkması nasıl mümkün olmaktadır?*



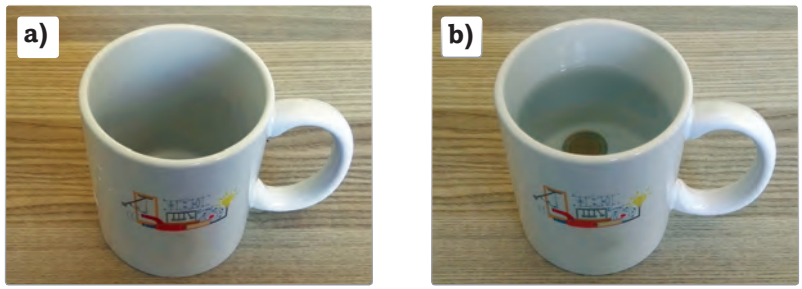
Görsel 4.67: *Yukarıda pet şişeden akan suyun eğrisel yolu görülmektedir. Bu suya lazer ışığı tuttuğunuzda ışıkta eğrisel yol izlenmektedir.. Sizce bu olay nasıl olmaktadır?*

Görsel 4.68: *Büyüteç, dürbün, mikroskop gibi aletler kullanmışsınızdır. Sizce bu aletler cisimlerin büyük görünmesini nasıl sağlar?*

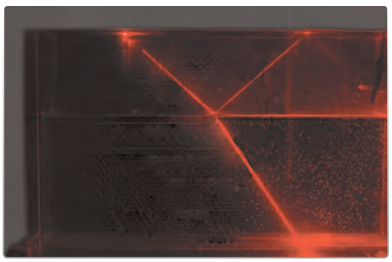
Işığın Kırılması

Görsel 4.69: *Kalemin tamamını, her yerinden yansıyan ışık sayesinde görürüz. Fakat kalemin suyun üstündeki kısmından gözümüze ulaşan ışık ile suyun içindeki kısmından gözümüze ulaşan ışığın yayıldığı ortamlar farklıdır. Kalemin suyun içindeki kısmından gelen ışık, su, cam ve hava; suyun üstündeki kısmından gelen ışık ise sadece cam ve hava ortamlarından yayılarak gözümüze ulaşır.*

Akvaryumdaki bir balığa hiç yukarıdan baktınız mı? Eğer baktıysanız balığın bulunduğu konumdan daha yakın göründüğünü fark etmişsinizdir. Benzer şekilde bir yaz gününde yüzme havuzuna bakarsanız havuzun içindeki cisimleri görebilirsiniz. Çünkü güneş ışığının bir kısmı suya girer ve cisimlerden yansır. Bir cismi görebilmeniz için o cisimden gözünüze ışın gelmesi gerektiğini biliyorsunuz. Ancak bunun yanında havuzun içindeki cisimlere dikkatle baktığınızda bunların havadaki gibi düzgün görünmediğini fark edersiniz. Örneğin su içindeki cisimler olduğundan daha yakın görünür. Ayrıca su içinde duran bir kişinin ayakları sanki ileri geri hareket eder gibi görünürken havuzun dibindeki çizgiler suyun hareketi ile sallanıyor gibi görünür. Bu olaylar oldukça ilgi çekicidir. ***Görsel 4.69***'da görüldüğü gibi kalemin suya daldığı noktada kırılmış gibi görünmesi kalemden gözümüze gelen ışığın bu noktada değişmeye uğradığını göstermektedir. Bu olayı basit bir deneyle gözlemleyebilirsiniz. ***Görsel 4.70.a***'da görüldüğü gibi madeni para boş bir kupanın içindedir. ***Görsel 4.70.b***'deki para ise su dolu kupanın içindedir. Bu paraların fotoğrafı aynı açıdan çekilmiştir. Boş kupada bulunan para görülmezken su dolu kupadaki para görülebilmektedir. Kırık kalem, madeni paranın içinde su bulunan kupada görülmesi gibi görünüş aldanmaları, ışığın su ya da cam gibi saydam ortamlardan hava gibi başka bir ortama geçerken yön değiştirmesinden kaynaklanır. Işığın bir saydam ortamdan başka bir saydam ortama geçerken doğrultu değiştirmesi olayına **ışığın kırılması** denir. Kırılma olayında ışığın izlediği yol tersinirdir. Kırılma olayının ayrıntılı incelenmesi ışığın özelliklerini anlamamıza çok yardım eder.



Görsel 4.70: a) *Boş kupanın içindeki madeni parayı göremezsiniz.* ***b)*** *Aynı açıdan baktığınız kupaya su doldurduğunuzda madeni parayı görebilirsiniz.*



Görsel 4.71: *Havadan suya gelen ışık ışını su yüzüne ulaşınca doğrultu değiştirir.*

Kırılma bir saydam maddeden diğerine geçerken ışığın hızında meydana gelen değişiklikten kaynaklanır. Işığın ikinci ortama girerken hangi yönde kırılacağı, geldiği ve girdiği ortamlardaki hızlarına bağlıdır. ***Görsel 4.71***'e bakınız. Bu fotoğraf kalın bir ışık demetinin havadan gelişini ve bir kaptaki suya girişini göstermektedir. Işık demetinin su yüzeyine ulaşınca birdenbire doğrultu değiştirdiğine ve bir kısım ışığın da su yüzeyinden havaya yansıdığına dikkat ediniz.

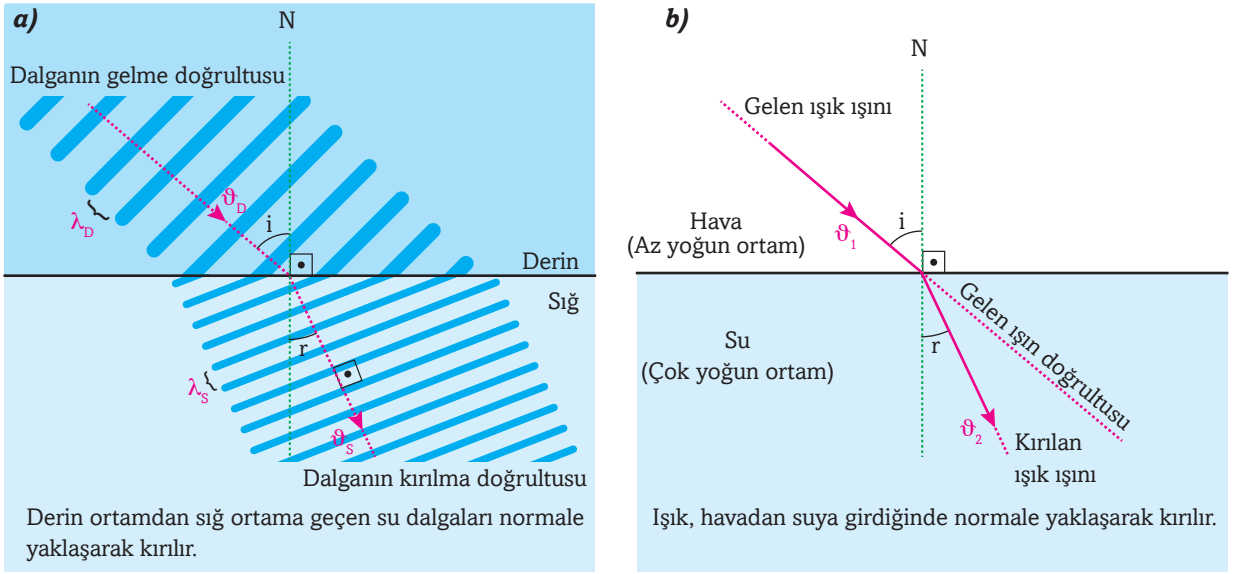
Burada su yüzeyine gelen ışığa **gelen ışık** (gelen ışın) denir. Gelen ışık ile su yüzeyinin normali arasındaki açıya da **gelme açısı** denir. Kırılarak suya giren ışık demetine ise **kırılan ışık** (kırılan ışın) denir.

Kırılan ışının normalle yaptığı açıya da **kırılma açısı** denir. Su kabına plastik bir açıölçer daldırarak bu ışınların doğrultuları hakkında bilgi edinebilirsiniz. Bu deneyi hava, cam gibi başka ortamlar içinde tekrarlarsanız benzer sonuçlar bulursunuz. Bu sonuç kırılmanın birinci kanunu olarak şöyle özetlenebilir:

Gelen ışın, yüzeyin normali ve kırılan ışın aynı düzlemde yer alır.

Kırılmanın birinci kanunu ile yansımanın birinci kanunu arasındaki benzerlik dikkatinizi çekti mi?

3. bölümde su dalgalarının özelliklerini öğrendiniz. Dolayısıyla su dalgalarının ışık gibi ortam değiştirirken kırıldığını biliyorsunuz. ***Görsel 4.72.a*** ve ***b***'de görüldüğü gibi kırılma olayında ışık ve su dalgaları benzer davranışları gösterir. Dolayısıyla kırılma ışığın dalga özelliği gösterdiği önemli olaylardandır.

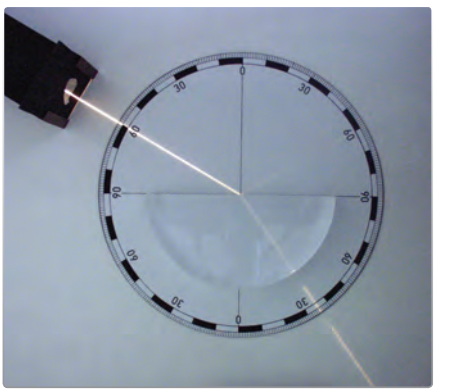


Görsel 4.72: a) *Su dalgalarında kırılma* ***b)*** *Işıkta kırılma*

NE ÖĞRENDİNİZ? Kırılma olayı nasıl gerçekleşir?

Kırılmanın 2. Yasası: Snell Yasası

Kırılmanın 2. yasası, gelme açısı ile kırılma açısı arasındaki matematiksel ilişkiyi anlatır. Bunu test etmek için ışığın gelme açısını değiştirebileceğiniz ve her defasında kırılma açısını ölçebileceğiniz bir deney tasarlamalısınız. Hatta bu deneyi farklı ortamlar kullanarak tekrar tekrar test etmelisiniz. Fizik laboratuvarlarında ***Görsel 4.73***'teki gibi yarım daire cam malzeme veya içine su doldurulan yarım daire kaplarla birlikte ince ışık demeti üretebilen ışık kaynakları vardır. Bu aygıtları kullanarak test düzenekleri oluşturabilir ve deneyinizi gerçekleştirebilirsiniz. Ancak günümüzde bilgisayar teknolojisinin de gelişmesiyle laboratuvarlarda yapacağınız deneylerin benzerini simülasyon olarak bilgisayarlarda yapabilirsiniz. Labora-

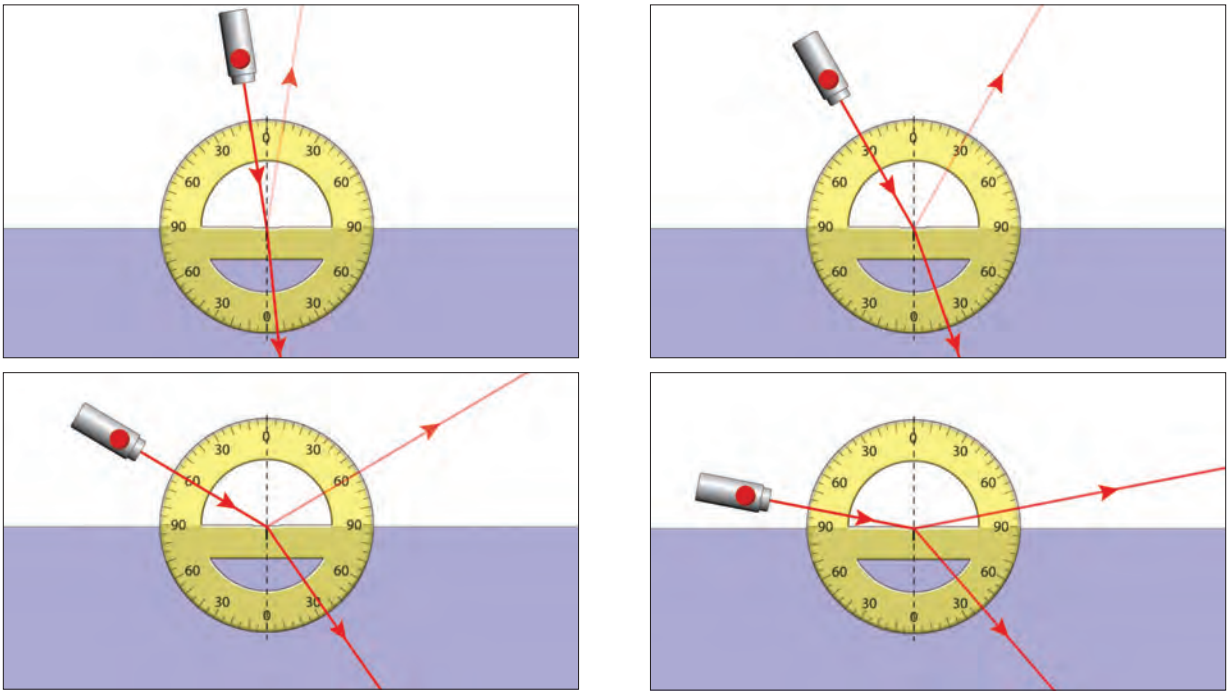


Görsel 4.73: *Laboratuvarda kullanılan bir kırılma deney düzeneği*

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/1Ku5ic1

tuvar deneyleri daha öğretici olmakla birlikte bilgisayar simülasyonları da hem ucuz hem de her yerde deneyinizi yapmanıza imkân sağlamaları açısından yararlıdır. Şimdi yandaki fizik interaktif linkindeki simülasyonunu yapınız. Bu simülasyon ile veri toplayıp sonra da topladığınız veriyi analiz etmelisiniz. Simülasyonda ışık bir ortamdan başka bir ortama düşürülmektedir. Işık kaynağını hareket ettirerek gelme açısını ve ona karşılık olan kırılma açısını ölçebilirsiniz.



Görsel 4.74: *Çeşitli gelme açılarına bağlı olarak kırılma açıları ölçülebilir.*

Tablo 4.4: *Işığın havadan cama geçişi için gelme açısı ve kırılma açısı değerleri*

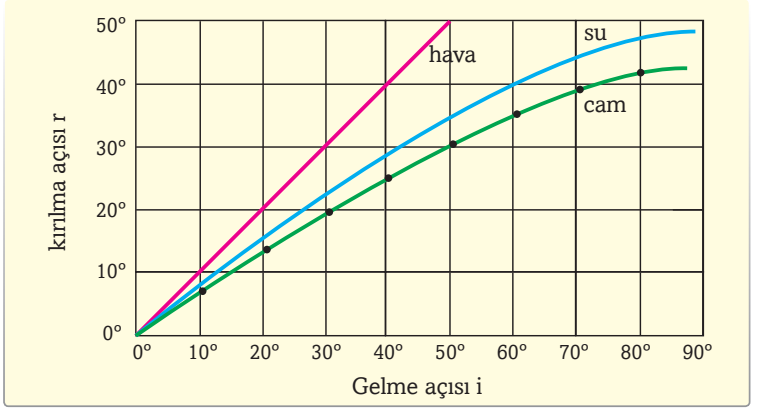
Gelme Açısı i (Derece)	Kırılma Açısı r (Derece)	i/r Oranı
0	0	Belirsiz
10	6,7	1,49
20	13,3	1,50
30	19,3	1,55
40	25,2	1,59
50	30,7	1,63
60	35,1	1,71
70	38,6	1,81
80	40,6	1,97

Bu simülasyonda havadan cama geçiş göz önüne alınmış ve 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 80°'lik geliş açısı değerleri için ölçümler alınmıştır. ***Görsel 4.74***, bu ölçümlerden dördünü göstermektedir. Böyle bir deney yapıp ölçüm sonuçlarını incelediğinizde,

1. 0° olduğu hâl dışında az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçerken kırılma açısı geliş açısından küçüktür.

2. Yansıyan ışık yansıma kanunlarına uygun hareket eder.

Tablo 4.4, çeşitli geliş açıları i için kırılma r açılarını göstermektedir. Kırılma açılarının gelme açılarından (i) daha küçük olduğunu fark ettiniz mi? Şimdi ***Tablo 4.4***'ün son satırına bakarak i/r oranlarını inceleyiniz. Bu oran küçük açılarda 1,5 değeri civarındayken i = 80° olduğunda 1,97 olmaktadır. Yani i/r oranı sabit değildir. Bu deneyi havadan suya veya çeşitli maddelere geçen ışık için yapıp birçok tablo oluşturabilir ve istediğiniz zaman hangi maddenin ışığı nasıl kırdığını oluşturduğunuz tablolardan bulabilirsiniz. Ancak bunun yerine bir yasa oluşturup onu kullanmak daha kolay olur.



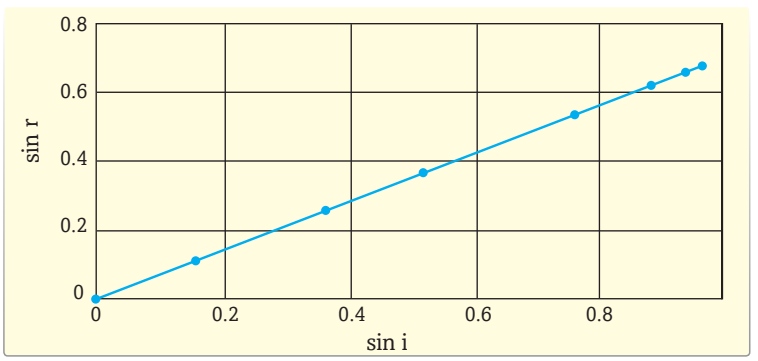
Görsel 4.75: *Kırılma açısı (r)'nın gelme açısı (i)'ye göre grafiğidir.*

Kırılma açısının gelme açısına oranının sabit olmadığı r açısının i açısına bağlı grafiği olan ***Görsel 4.75***'ten görülebilir. Bu grafik ışığın havadan suya ve cama geçişlerindeki gelme ve kırılma açılarına göre çizilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi i/r oranı küçük açılar için sabit sayılabilir. Bu değer ışığın havadan cama geçişinde yaklaşık 1,5'tir. Işığın havadan suya geçişinde ise bu değer 1,33'tür. Ancak açılar büyüdükçe i/r oranı da büyür ve sabitliğini kaybeder. Acaba açılar büyüdükçe i/r arasındaki artışı yok edecek bir fonksiyon var mıdır?

1621 yılında Willebrord Snell (Villebrord Sinel), ışığın havadan saydam bir maddeye geçtiğinde gelme ve kırılma açılarının sinüslerini oranlayarak aşağıdaki bağıntıyı elde etti.

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n$$

Aynı bağıntı, bugün kullanılan biçimde Rène Descartes (Röne Dekart) tarafından 1638 yılında yayımlanmıştır. Snell ve Descartes'ın çalışmalarını ayrıntılı merak ediyorsanız araştırınız ve sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız. Şimdi havadan cama geçen ışık için gelme açısının sinüsünü (sin i) ve kırılma açısının sinüsüne (sin r) oranlarsanız ***Tablo 4.5***'teki sonuçları bulursunuz. Bu değerlere bakarak grafik tekrar çizilirse ***Görsel 4.76***'daki grafik elde edilir. Bu grafiğe baktığınızda öncekine göre daha düzgün bir doğru olduğunu fark ettiniz mi? Bu nedenle bu grafiği kullanmak ilkine göre daha mantıklıdır.



Görsel 4.76: *Sin i'nin sin r'ye bağlı grafiği*

Bilime Hizmet Edenler

Rène Descartes
(1596-1650)

Fransız düşünür, yazar, bilim adamı ve matematikçidir. Modern matematiğin kurucusu olarak kabul edilmektedir. Kendisinden sonraki bilim adamlarına ve filozoflara ilham kaynağı olan teorileriyle bilimin günümüz seviyesine ulaşmasında büyük rol oynamıştır. Kartezyen koordinat sistemini geliştirerek matematiğin gelişimine çok büyük katkıda bulunmuştur.

Rène Descartes, eserlerinin büyük bir kısmını Hollanda'da ikamet ettiğinde kaleme aldı. 1649 yılında İsveç'e gitti. Ancak buradaki soğuk iklimden dolayı 1650 yılında zatürreye yakalanarak 54 yaşında hayata veda etti (Frans Franchoisz Hals, Louvre Müzesi, Görsel temsilîdir.).

https://bit.ly/3frJcR4
(Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

Tablo 4.5: *Havadan cama geçen ışık için sin i/sin r oranları*

i (°)	r (°)	$\frac{\sin i}{\sin r}$
10	6,7	1,5
20	13,3	1,49
30	19,6	1,49
40	25,2	1,51
50	30,7	1,50
60	35,1	1,51
70	38,6	1,50
80	40,6	1,51

Bilime Hizmet Edenler

Willebrord Snell
(1580-1626)

Hollanda'nın Leiden şehrinde doğdu. Matematikçi ve fizikçidir. Üniversitede hukuk okumuştur. Ancak daha sonraları matematikle ilgilenmeye başlamıştır. Ünlü astronom Kepler ile tanışmış, 1615 yılında Leiden Üniversitesi'nde matematik profesörlüğüne getirilmiştir. 1617 yılında meridyen yayının ölçümüne yönelik çalışmalarının sonuçlarını yayınlamıştır. Kariyeri boyunca astronomi ile ilgilenmiş ve bu konuda birçok çalışma yapmıştır. Işığın kırılması konusunda yaptığı çalışmalardan dolayı kırılma kanununa onun adı verilmiştir. Ancak bilim tarihinde yapılan çalışmalar bu kanunun yaklaşık 600 yıl önce Müslüman bilim insanı İbn-i Sahl (İbni Sahl) tarafından bulunduğunu Snell'in onu yeniden keşfettiğini göstermektedir (Kütüphane: Austrian National Library, görsel temsilîdir.).

https://bit.ly/3u4MOfJ

(Yazar tarafından düzenlenmiştir.)

$\frac{\sin i}{\sin r}$ oranının cam için 1,5 su için 1,33 olduğunu biliyorsunuz. Başka maddeler ile yapılan kırılma deneylerinde bu sabit oran başka değerler alır. Bu sabit değerler o maddenin ayırt edici özelliklerinden biridir. Işığın havadan maddeye girişindeki bu sabit orana **kırılma indisi** denir ve n harfi ile gösterilir. Bazı maddelerin kırılma indisleri ***Tablo 4.6***'da verilmiştir.

Bütün gelme açıları için $\frac{\sin i}{\sin r}$ oranının sabit olduğunu söyleyen bu bağıntıya **Snell Yasası** denir.

Şu ana kadar ışığın havadan cama, suya ya da başka bir maddeye girerkenki kırılmasından bahsedildi. Peki, ışık boşluktan cama ya da diğer maddelere giriyor olsaydı ne söylerdiniz?

NE ÖĞRENDİNİZ?

Kırılma indisi nedir? Bir maddenin kırılma indisi nasıl hesaplanır?

Böyle bir deney yapıldığında genel olarak aynı değeri bulursunuz. Fakat çok hassas deneyler yaptığınızda ışığın boşluktan cama girerken bulduğunuz değer ile havadan cama girerken bulduğunuz değer çok az da olsa farklı olur. Havadaki kırılma indisi 1,50000 olan bir cam için bu değerin boşluktaki indisi 1,50044'tür.

Bir maddenin boşluktaki kırılma indisine **mutlak kırılma indisi** denir. Ancak ışığın havadan bir maddeye geçişindeki kırılma indisi mutlak indise çok yakın bir değerdir. Bu nedenle bu iki değeri ayırt etmek için çok hassas deneyler gereklidir.

Kırılma indisi, aynı zamanda ışığın boşluktaki hızının saydam madde içindeki ortalama hızına oranıdır.

$$n = \frac{c}{v}$$

Tablo 4.6: *Bazı maddelerin boşlukta, 589 nm dalga boylu (tek renkli) ışık için belirlenmiş kırılma indisleri*

Bazı katı maddeler (20°C)	
buz (0°C)	1,31
kuartz kristali	1,54
cam	1,5-1,9
elmas	2,41

Bazı sıvı maddeler (20°C)	
su	1,33
etil alkol	1,36
oleik asit	1,46
gliserin	1,47

Bazı gaz maddeler (0°C, 1 atm.)	
helyum	1,000 036
su buharı	1,000 250
kuru hava	1,000 293
karbondioksit	1,000 449

Snell tarafından bulunan bağıntı, ışığın herhangi iki saydam madde arasındaki geçişinin matematiksel modelini verir. Bu bağıntı daha genel olarak aşağıdaki gibi yazılır:

Snell kırılma yasası

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

Bu bağıntı, gelme açısının sinüsü ile birinci ortamın kırılma indisinin çarpımının, kırılma açısının sinüsü ile ikinci ortamın kırılma indisinin çarpımına eşit olduğunu söylemektedir.

Şimdi ***Görsel 4.77***'ye bakınız. Bu görsel ışığın bir pencere camı gibi paralel yüzeylere sahip bir cam parçasından geçerken Snell Yasası'nın nasıl uygulanacağını göstermektedir. Işık hem cama girdiği zaman hem de camdan çıktığı zaman kırılır. Işık, havadan cama girdiğinde küçük kırılma indisli bir maddeden yüksek kırılma indisli bir maddeye geçer. Bu durumda $n_1 < n_2$'dir. Denklemi eşitlemek için $\sin\theta_1 > \sin\theta_2$ olmalıdır. Bundan dolayı ışık ışını havadan cama doğru geçerken normale yaklaşır. Işık, camdan havaya çıktığında ise daha yüksek kırılma indisine sahip maddeden daha düşük kırılma indisine sahip maddeye geçer. Bu durumda $n_1 > n_2$'dir. Denklemi eşitlemek için $\sin\theta_1 < \sin\theta_2$ olmalıdır. Dolayısıyla ışık havaya geçerken normalden uzaklaşır. Işığın camdan ayrıldığındaki yönü, cama çarpmadan öncekiyle aynıdır. Ancak ışığın ortam değiştirirken bükülmesi cisimlerin gerçek konumlarından kaymasına sebep olur.

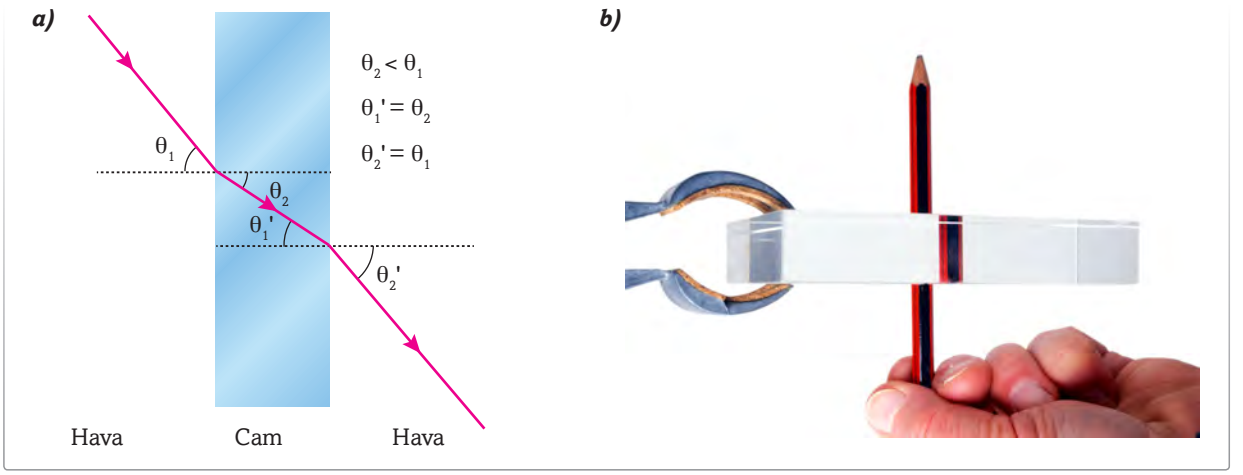
Bilime Hizmet Edenler

İbn-i Sahl (940 - 1000)

Müslüman fizikçi ve matematikçidir. İbn-i Sahl, Snell Yasası olarak adlandırılan ışığın kırılması yasasını ilk bulan kişidir. Ancak bu yasa 1621 yılında Hollanda'da Snell tarafından tekrar ortaya konana kadar bilim dünyasında bilinmiyordu. 1990'lı yıllarda bilim tarihçileri, yaptıkları çalışmalarla kırılma yasasının Snell'den yaklaşık 650 yıl önce İbn-i Sahl tarafından bulunduğunu kanıtladı. Bu buluş optik biliminin gelişimini büyük ölçüde etkilemiştir. Bu konudaki bulgularını 984 yılında yazdığı eserinde ortaya koymuştur. Bu eserinde aynı zamanda küresel aynalar ve merceklerin ışığı nasıl odakladığını anlatmıştır. Günümüzde İbn-i Sahl'ın birçok eserinin kayıp olduğu düşünülmektedir.

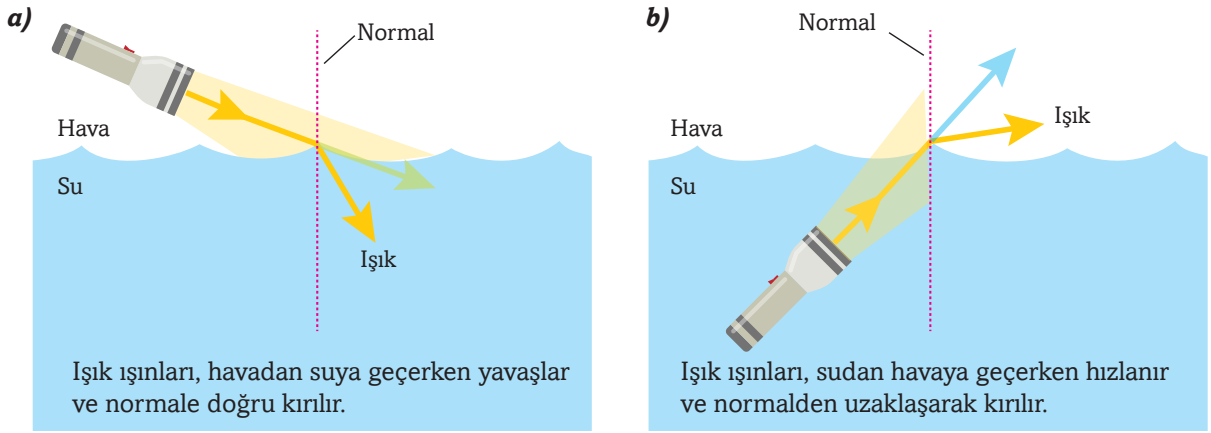
https://bit.ly/3u3CnsM

(Yazar tarafından düzenlenmiştir.)



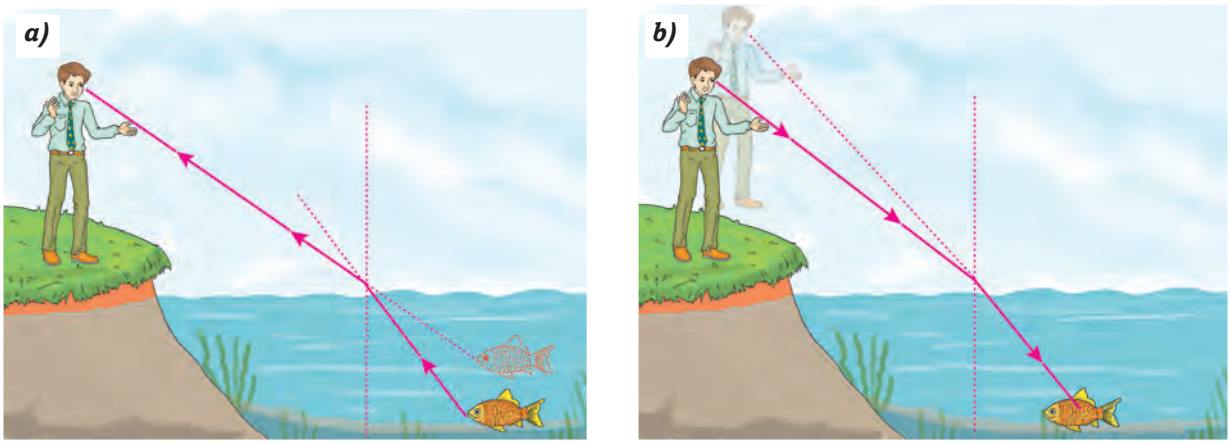
Görsel 4.77: a) *Işık ışınının havadan cama ve camdan havaya geçişinin şematik gösterimi* ***b)*** *Işığın ortam değiştirirken bükülmesi kurşun kalemin kırık görülmesine sebep olur.*

Kırılmanın, bir ortamdan diğerine geçerken hızdaki değişikliğin sonucu olarak dalganın bükülmesi olayı olduğunu biliyorsunuz. Dalganın hızındaki değişim ne kadar büyükse bükülme de o kadar büyüktür. ***Görsel 4.78.a***, bir ışık ışınının hızının azaldığı bir maddeye geçtiğinde nasıl davrandığını göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi ışık normale yaklaşarak kırılır. ***Görsel 4.78.b***, bir ışık ışınının hızlandığı maddeye geçtiğinde nasıl davrandığını göstermektedir. Işık normalden uzaklaşarak kırılmaktadır.



Görsel 4.78: *Işık dalgalarının sudaki hızı, havadaki hızına göre daha yavaştır. Bu nedenle ışık, sudan havaya ya da havadan suya geçtiğinde yön değiştirir.*

Bu bölümün başında su altında olan nesnelerin yüzeye daha yakın göründüklerinden bahsedildi. ***Görsel 4.79***, kırılma olayının bu yanılmaya nasıl sebep olduğunu göstermektedir. Balıktan gelen ışın, sudan havaya çıkarken kırılır ve normalden uzaklaşarak çocuğun gözüne gelir. Ancak çocuğun beyni, tüm ışık dalgalarının düz bir çizgide gittiğini varsayar. Böylece çocuğun gözlerine gelen ışık dalgaları suda daha yüksekte olan bir noktadan geliyormuş gibi görünür. Bu olay, daha önce gördüğünüz su içindeki kalemin kırık görülmesi olayını da açıklamaktadır. Peki, su altındaki bir balık kıyıdaki çocuğu nerede görür? ***Görsel 4.79.b***'deki resmi inceleyerek bu soruya cevap veriniz.



Görsel 4.79: a) *Balıktan gelen ışık dalgaları sudan havaya geçerken normalden uzaklaşır. Bu, balığın yüzeye daha yakın olmasını sağlar.* ***b)*** *Öğrenciden gelen ışık dalgaları havadan suya girerken normale yaklaşır. Bu nedenle balık öğrenciyi daha uzakta görür.*

ETKİNLİK 4.5

Görünür Uzaklık

Araç ve Gereçler
- seramik kupa
- madeni para
- su

Etkinliğin Amacı

Farklı ortamda bulunan bir cisimden gelen ışığın izlediği yolun nasıl olduğunu belirlemek.

Bunları Yapınız

- Seramik kupanın içine madeni parayı koyunuz.
- Kupadan uzaklaşarak madeni paranın görülmediği konuma geliniz ve orada durunuz.
- Bir arkadaşınız kupaya yavaşça su doldursun. Bu esnada siz başınızı oynatmadan kupaya bakmaya devam ediniz. Bir müddet madeni paranın göründüğünü fark edeceksiniz. Kupa içindeki su seviyesi arttığında madeni paranın görünürlüğüne dikkat ediniz.

Soruları Cevaplayınız

- Paranın görünmesini sağlayan ışığın izlediği yolu çiziniz ve öğrendiğiniz olaylarla ilişki kurunuz.
- Kupaya daha fazla su koymak madeni paranın görünümünü nasıl etkiledi?

Tam Yansıma

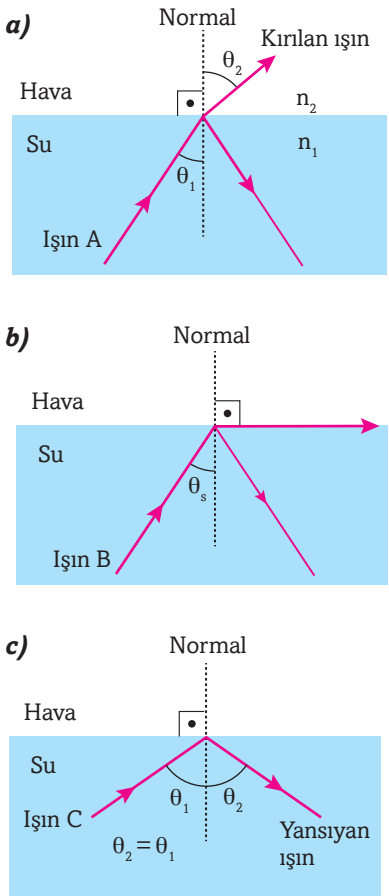
Görsel 4.80.a'da görüldüğü gibi ışık, yüksek kırılma indisli bir ortamdan düşük kırılma indisli bir ortama geçtiğinde kırılma açısı, gelme açısından her zaman daha büyüktür. Bu durum ilginç bir olaya sebep olmaktadır. Gelme açısı arttıkça kırılma açısı artar. Öyle ki ***Görsel 4.80.b***'de görüldüğü gibi gelme açısı, sınır açısı denilen bir değere ulaştığında kırılan ışık iki ortamın sınırı boyunca uzanır. Yani kırılma açısı 90° olur. Kırılma açısının 90° olduğu andaki gelme açısına **sınır açısı** denir. Camdan havaya geçişte sınır açısı 42°, sudan havaya geçişte ise 48° dir.

Snell bağıntısı kullanılarak sınır açısı (θ_s) değeri bulunabilir.

$$n_1 \text{Sin}\theta_s = n_2 \text{Sin}\theta_2 \qquad \theta_2 = 90°$$

$$n_1 \text{Sin}\theta_s = n_2 \text{Sin}90° \qquad (\text{Sin}90° = 1)$$

$$n_1 \text{Sin}\theta_s = n_2 \, 1 \Rightarrow \text{Sin}\theta_s = \frac{n_2}{n_1}$$



Görsel 4.80: a) *Işığın bir kısmı kırılırken bir kısmı yansıyor.* ***b)*** *Sınır açısı durumunda ışığın ortamların sınırında kırılması* ***c)*** *Tam yansıma olayı*

Bu bağıntı sınır açısının sinüsünün ikinci ortamın kırıcılık indisinin birinci ortamın kırıcılık indisine oranına eşit olduğunu söylemektedir.

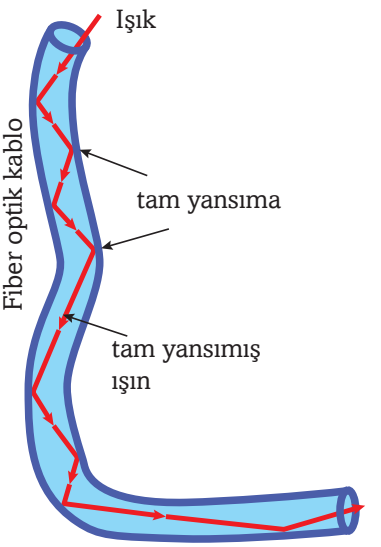
Bildiğiniz gibi ışık, bir ortamdan diğerine kırılarak geçtiğinde ışınların bir kısmı yansır. Bunu ***Görsel 4.80.a ve b***'de görebilirsiniz. Gelme açısı, sınır açısından büyük olduğunda ışık, kırılma indisi büyük ortamdan kırılma indisi küçük ortama geçemez. ***Görsel 4.80.c***'de görüldüğü gibi bu durumda iki ortamı ayıran sınır yüzeyi, bir ayna gibi davranır ve gelen ışınlar, yansıma kanunlarına uygun olarak geldiği ortama döner. Bu olaya da **tam yansıma** denir.

Tam yansıma günlük hayatta bazı ilginç etkilere neden olur. Dalgalı olmayan bir suda suyun içinden yüzeye baktığınızı varsayınız. Bu esnada yakındaki bir nesnenin baş aşağı yansımasını görebilirsiniz ***(Görsel 4.81.a)***. Çünkü su yüzeyi bir ayna gibi davranır. Benzer şekilde bir havuzun kenarında durduğunuzda su yüzeyinin altındaki bazı nesneleri göremeyebilirsiniz. Örneğin su altında, su yüzeyine yakın yüzen bir kaplumbağa, su üstünde bulunan kişi tarafından görülemeyebilir. Bunun nedeni kaplumbağadan gelen ışığın tam yansımaya uğramasıdır. Yüzme havuzunuzun iyi aydınlatılması onu daha çekici hâle getirir. Bu tür havuzlar su altı aydınlatma sistemi olmayanlara göre daha hoş görüntüye sahip olur. Ancak su altı aydınlatmanın en önemli özelliği, yüzme havuzunda daha fazla güvenlik sağlamasıdır. Havuzların su altından aydınlatılmasında tam yansıma olayı göz önünde bulundurulmalıdır. Su altı aydınlatma lambaları, ışığın su yüzeyine 48 dereceden daha küçük açıyla ulaşacak şekilde yerleştirilmemeye özen gösterilir. Çünkü daha büyük açıyla yerleştirilen lambalar su yüzeyinde parlama oluşmasına sebep olabilir. Bu istenmeyen bir durum olup, cankurtaranların yüzücüleri görmesini engelleyebilir ***(Görsel 4.81.b)***.

Görsel 4.81: a) *Yüzeye yakın konumda bulunan bir deniz kaplumbağasının tam yansıma sonucu baş aşağı görüntüsünün oluşumu* ***b)*** *Tam yansıma olayı sayesinde aydınlatılmış bir havuz*

Fiber optik kablolar tam yansıma olayının önemli bir teknik uygulamasıdır. Bu kablolar sayesinde ışık vasıtasıyla çok uzak mesafelere veri aktarımı kolaylıkla yapılabilir. Fiber optik kablolar yaklaşık saç teli kalınlığında ve çok hassas şekilde üretilmiş saf camdan yapılmış aygıtlardır. Fiber optik kablolar, iletimi ışık hızıyla yani saniyede 300 bin km'lik hızla

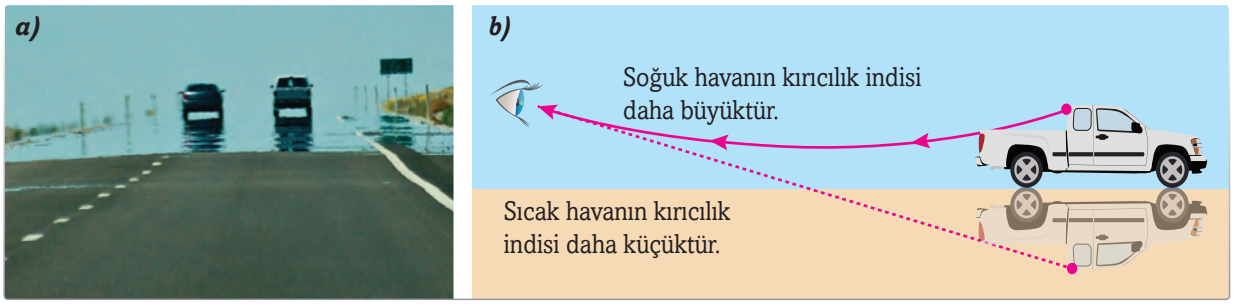
gerçekleştirirler. ***Görsel 4.82***'de görüldüğü gibi şeffaf fiber kablonun içinde hareket eden ışık, her zaman kablonun iç yüzeyine sınır açısından daha büyük bir açıyla çarpar ve geri yansır. Böylece ışık yansıya yansıya yoluna devam eder. Cam tabakası ışığı kesinlikle soğurmaz ve neredeyse tam olarak yansıtır, bu da bilginin kayıpsız şekilde ulaşması için çok önemli bir noktadır. Fiber optik kablolar günümüzde telefon şebekesi gibi iletişim sistemlerinde çok sık kullanılmaktadır.



Görsel 4.82: *Bir kaynaktan gelen ışık fiber optik kablonun bir ucundan girer. Işık, cam yüzeyin iç yüzüne her çarptığında ışığın gelme açısı, sınır açısından daha büyüktür. Bu sayede ışık kablo içinde tam yansımaya uğrayarak ilerler.*

Serap Olayı

Bazen sıcak bir yaz gününde ***Görsel 4.83.a***'da görülen bir durumla karşılaşmış olabilirsiniz. Asfalt bir yolda giderken ilerideki arabaların sanki su üzerinde ilerlediğine şahit olmuşsunuzdur. Bununla birlikte arabalara yaklaştıkça bu olay kaybolur. Serap olayı Güneş'in yolu ısıtması sonucu oluşur. Yerin hemen üzerindeki hava tabakasının daha üst tabakadaki hava tabakasından daha sıcak olması durumunda güneş ışığının tam yansımaya uğramasıyla gözlemlenir. Çünkü soğuk hava çok yoğun ortam, sıcak hava ise az yoğun ortamdır. Soğuk havadan sıcak havaya sınır açısından büyük açılarla gelen ışık ışınları tam yansımaya uğrar. Bu durum ***Görsel 4.83.b***'de görüldüğü gibi ışığın sanki sudan yansıyormuş gibi görünmesine sebep olur.



Görsel 4.83: a) *Karayolu üzerinde oluşan bir serap olayı* ***b)*** *Arabadan gelen ışık, gözlemcinin gözüne doğru bükülür.*

Denizde giden gemilerde de serap olayına çokça rastlanır. ***Görsel 4.84***, denizde görülen bir serap olayının fotoğrafıdır. Bu serap olayında geminin üzerinde kendi yansıması ortaya çıkmıştır. Denizde görülen serap olayı kara yolu ya da çölde görülen serap olayının tersidir. Denizin hemen üstündeki hava soğuktur ve yükseldikçe bu hava ısınır. Sizce ***Görsel 4.84***'te görülen serap olayında ışınlar gözlemcinin gözüne nasıl ulaşmıştır. ***Görsel 4.83.b***'deki şekli düşünerek ışınların gözünüze nasıl ulaştığını çiziniz.

Görsel 4.84: *Denizde oluşan bir serap olayı*

Bunları biliyor musunuz?

Bir pet şişenin tabanına yakın bir noktada açılmış delikten akan suya şekildeki gibi lazer ışığını tutarsanız doğrusal yolla yayılması gereken ışığın bükülmesini sağlayabilirsiniz. Bunun sebebi lazer ışığının su içinde tam yansımaya uğramasıdır.

Fizik İnteraktif

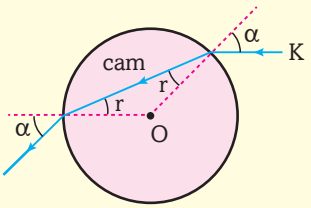
- https://bit.ly/1Ku5ic1

Şimdi yanda verilen Fizik İnteraktif bölümündeki linke girerek simülasyonlarla oluşturulan tam yansıma olayını ve sınır açısını yorumlayınız.

Işığın Küresel Yüzeylerden Geçişi

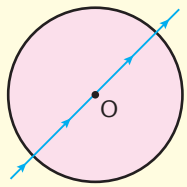
Işığın küresel yüzeylerden geçişi de kırılma kanunlarına uyar. Küresel yüzeylerde merkezden geçen doğrular küre yüzeyine dik ve yüzey normalidir. Bu nedenle küresel yüzeylerde ışığın çarptığı noktaya küre merkezinden normal çizilmesi gerekir. ***Görsel 4.85***'e bakarak ışığın küresel yüzeylerden geçiş olayını anlamaya çalışınız.

a)



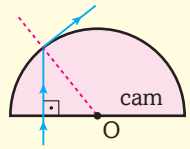
Küresel yüzeye gelen K ışınına merkezden normal çizilir. K ışını normale yaklaşarak kırılır. Işık karşı taraftaki yüzeyden çıkarken normalden uzaklaşarak kırılır.

b)



Merkez doğrultusunda gelen ışın kırılmadan geldiği ortama çıkar.

c)



Düz yüzeye dik gelen ışın kırılmadan içeri girer. Dışarı çıkarken O noktasından ışığın çarptığı yüzeye normal çizilir. Işın normalden uzaklaşarak çıkar.

Görsel 4.85: a) *Havadan küresel cam yüzeyine gelen herhangi bir ışının kırılması* ***b)*** *Havadan merkez doğrultusunda küresel cam yüzeyine gelen ışığın kırılması* ***c)*** *Bir kenarı düz diğer tarafı küresel yüzeyden bir ışığın geçişi.*

CAM KIRIKLARINI DOĞAYA GELİŞİGÜZEL ATMAYALIM

Cam Kırıkları Cenneti Yaktı

Sultan Sazlığı Kuş Cenneti'nde 50 hektarı kül eden yangına, çevreyi ve yabani hayatı korumayı bilmeyenler tarafından çevreye atılmış cam ve şişe parçalarının yarattığı "mercek etkisinin" neden olduğu anlaşıldı.

Sultan Sazlığı Kuş Cenneti'nde önceki gün başlayıp tam 14 saat süren yangın, dün sabaha karşı saat 02.00 sıralarında söndürüldü. Yangın sonucu, yaklaşık 50 hektarlık alanda kurumuş ot ve kamışlar kül oldu. İşte insanların ve toplumun sorumsuzluğu çevreyi böylesine derinden etkilemektedir. Bu yüzden çevreyi koruma konusunda bilinçlenilmelidir.

Can Kaybı Yok

Çevre ve Orman İl Müdürlüğü uzmanları ile itfaiyenin yaptığı incelemelerde, gelişigüzel atılmış meşrubat şişelerinin havanın sıcak olması nedeniyle mercek etkisi yaparak yangına neden olduğu belirlendi.

Kayseri Valiliği ise yangın söndürme çalışmalarına Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığına bağlı uçakların da katıldığını bildirdi.

Kaynak: www.milliyet.com.tr
(Düzenlenmiştir.)

Mercekler

Kameralar, gözlükler ve mikroskopların ortak özelliği nedir? Peki, bu cihazların her birinin en az bir mercek içerdiğini biliyor musunuz?

Günlük hayatta kullandığınız birçok araçta çoğunlukla cam ya da plastikten yapılmış mercekler kullanılır. Bunun yanında gözünüzde canlı hücrelerden meydana gelmiş mercekler vardır. Mercek, en az bir kavisli yüzeye sahip ve kırılma olayı sonucunda ışığı toplamaya ya da dağıtmaya yarayan saydam bir cisimdir. Bir merceğin oluşturduğu görüntü, merceğin şekline bağlıdır. Merceklerde ışığın kırılması, kırılma kanunlarına uyarak gerçekleşir. Bir merceğin iki yüzü olduğuna göre mercek üzerine düşen ışınlar, bir defa girerken bir defa da çıkarken olmak üzere iki defa kırılmaya uğrarlar.

Mercekler nasıl yapılır?

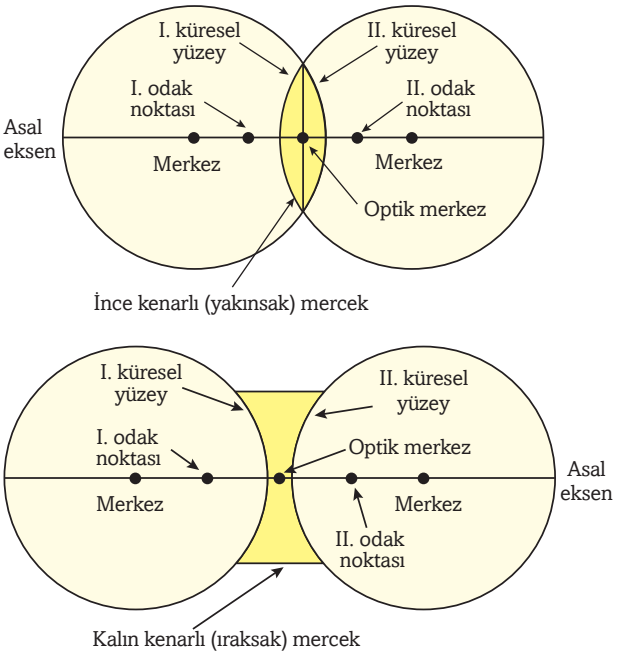
Gökkuşağının meydana gelmesi, kırmızı ay tutulması gibi olaylar doğada ışığın kırılması ile meydana gelen olaylardır. Bunun yanında günlük yaşamda ışığın kırılmasının birçok yararlı uygulaması vardır. 1303 yılında Fransız doktor Bernard Gordon (Bernard Gordon) görme bozukluklarını düzeltmek için mercekleri ilk kez kullanmıştır. Hollandalı gözlük üreticisi olan Hans Lippershey (Hans Lipersey) tarafından bulunan teleskobu, ince ve kalın kenarlı mercekler kullanarak geliştiren Galileo Galilei (Galileo Galileyi), birçok astronomik gözlem gerçekleştirmiştir.

Uygulamada kullanılan merceklerin hemen hepsinin dış yüzleri küresel yüzlerdir. Mercek yüzlerini oluşturan iki kürenin merkezinden geçen doğruya merceğin **asal ekseni** denir. Merceği meydana getiren iki kürenin yarıçapları eşit ya da farklı olabilir ***(Görsel 4.86)***. Bunun yanında merceklerin büyüklüğünde ve eğriliğinde bir sınırlama yoktur hatta yüzeylerinden biri küresel diğeri düz de olabilir. Amaca göre değişik kesitlerde (büyüklük ve eğrilikte) mercekler yapılabilir. Başka bir deyişle mercekler, ister dışbükey ister içbükey olsun küresel yüzeylerle sınırlı saydam cisimlerdir. Şimdi aşağıdaki etkinliği yaparak iki mercekle nasıl basit bir teleskop yapılacağını keşfediniz.

Bir merceğin odak uzaklığı:

- Merceğin yapıldığı maddenin kırılma indisine
- Mercek yüzeylerinin eğrilik yarıçapına
- Ortamın kırıcılık indisine
- Işığın rengine

bağlıdır.



Görsel 4.86: *Mercekler küresel yüzeylerin kesişmesi ile oluşan optik araçlardır.*

ETKİNLİK 4.6

Teleskop Yapalım

Araç ve Gereçler

- küçük odaklı mercek
- orta boy büyüteç
- 1 litrelik pet şişe
- koli bandı veya izole bant
- makas

Etkinliğin Amacı

Uzaktaki cisimleri gözlemleyebilmek için kullanacağımız basit bir aygıt tasarlamak.

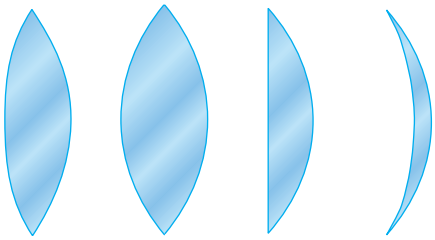
Mercek veya merceklerden oluşan bir sistem ile Güneş'e kesinlikle bakmayınız.

Bunları Yapınız

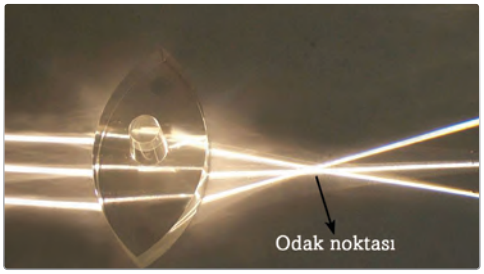
- 1 litrelik pet şişenin alt tarafını kesiniz.
- Pet şişenin kapağını çıkarınız. Küçük odaklı merceğinizi bant kullanarak buraya monte ediniz. Mercek delikten büyük ise şişenin ağzını biraz kesebilirsiniz.
- Pet şişenin arka tarafından boyuna 10-15 cm uzunluğunda ve büyütecin sapı genişliğinde bir yarık açınız.
- Büyütecin sapını, ileri geri hareket edebilecek şekilde yarığa yerleştiriniz. Küçük mercekten bakarken büyük merceği sapından tutarak ileri geri hareket ettiriniz. Böylece net bir görüntü oluşmasını sağlayınız.
- Hazırladığınız bu teleskop ile uzaktaki cisimleri gözlemleyiniz.

Soruları Cevaplayınız

- Görüntü kalitesini attırmak için yaptığınız teleskobu nasıl geliştirebilirsiniz?
- Teleskobumuzu 500 mL'lik pet şişe ile yapmış olsaydınız görüntünün netliği nasıl değişirdi?



Görsel 4.87: *Değişik tipte ince kenarlı mercekler*



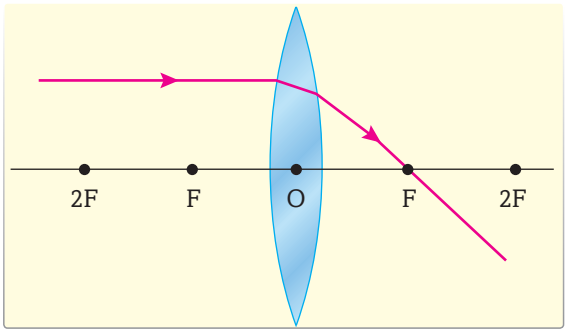
Görsel 4.88: *İnce kenarlı merceğe asal eksene paralel olarak gelen ışınlar odak noktasında toplanacak şekilde kırılır. Merceğin asal ekseni üzerinden gelen ışın kırılmamaktadır.*

İnce Kenarlı Mercekler

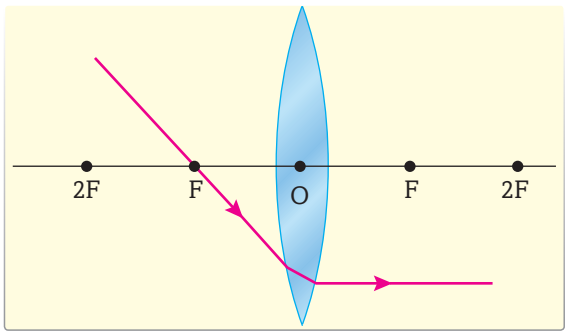
Görsel 4.87'deki mercekler ince kenarlı (dışbükey) mercek olarak adlandırılır. Çünkü merceğin merkezi kenarlarından daha kalındır. İnce kenarlı mercek yakınsak mercek olarak da adlandırılmaktadır. Bu mercekler, daha düşük bir kırılma indisine sahip bir madde ile çevrildiğinde (örneğin hava) ışık ışınlarını kırarak bir noktada toplar ***(Görsel 4.88)***. Örneğin büyüteç gibi yakınsak mercekler, havadan gelen ışık ışınlarını arkalarındaki bir noktada (odak noktası) birleştirirler. Asal ekseni, merceğin en kalın noktasında dikey olan hayali bir düz çizgidir. Asal eksene paralel hareket ederek ince kenarlı merceğe gelen tüm ışık ışınları kırılarak merceğin odak noktasından geçer. Bir merceğin odak uzaklığı merceğin şekline bağlıdır. Eğer merceğin yanları daha az kavisli ise ışık ışınları daha az kırılır. Sonuç olarak daha az kavisli kenara sahip mercekler daha uzun odak uzunluğuna sahiptir. ***Görsel 4.88*** ince kenarlı bir merceğe gelen ışınların nasıl kırıldığını gösteren gerçek bir fotoğraftır.

İnce Kenarlı Mercekte Özel Işınlar

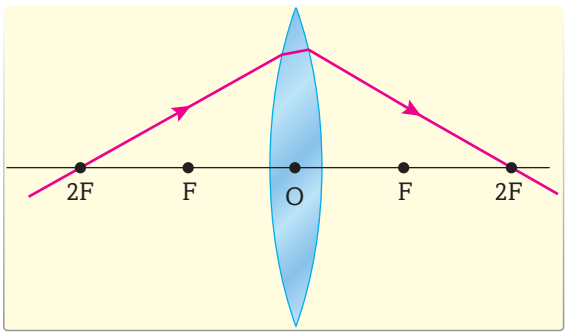
İnce kenarlı mercekte özel ışın ve görüntüler çukur aynadakilerin benzeridir. Çukur aynada yansıma, mercekte de kırılma olayı vardır. Şimdi aşağıdaki çizimlere bakarak özel ışınların ince kenarlı merceklerdeki davranışını inceleyiniz.



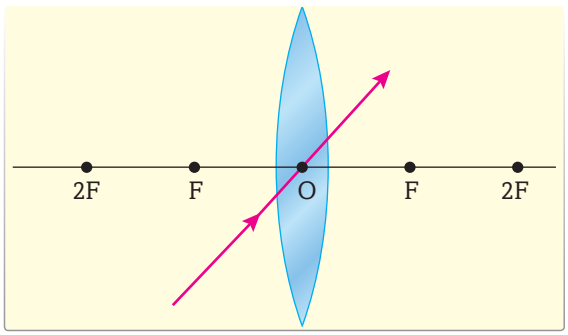
Görsel 4.89: *Asal eksene paralel gelen ışın, ince kenarlı merceğin odak (F) noktasından geçecek şekilde kırılır.*



Görsel 4.90: *Işın, odak noktasından geçerek ince kenarlı merceğe geliyorsa asal eksene paralel olacak şekilde ince kenarlı mercekten kırılır.*



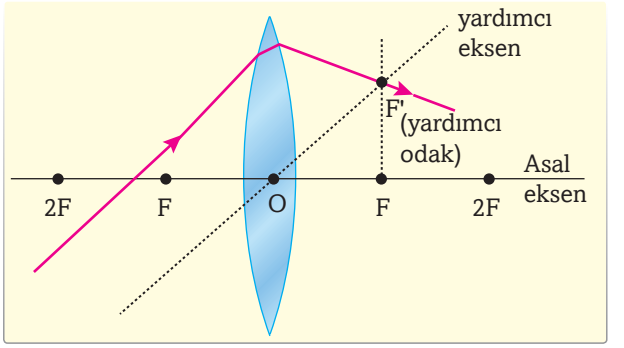
Görsel 4.91: *Gelen ışın, 2F'den geçerek ince kenarlı merceğe geliyorsa tekrar 2F'den geçecek şekilde kırılır.*



Görsel 4.92: *Optik merkeze doğru gelen ışın, kırılmaya uğramadan yoluna devam eder.*

İnce Kenarlı Merceklerde Herhangi Bir Işının Çizimi

İnce kenarlı mercek üzerine gelen herhangi bir ışının kırıldıktan sonra takip edeceği yolu belirlemek için bu ışına paralel bir yardımcı asal eksen, optik merkezden geçecek şekilde çizilir ***(Görsel 4.93)***. Daha sonra asal eksenin odağından yardımcı eksene dikme çıkılır. Yardımcı eksenle dikmenin kesiştiği noktada yardımcı odak elde edilir. İnce kenarlı merceğe gelen ışın, yardımcı odaktan geçecek şekilde çizilir.



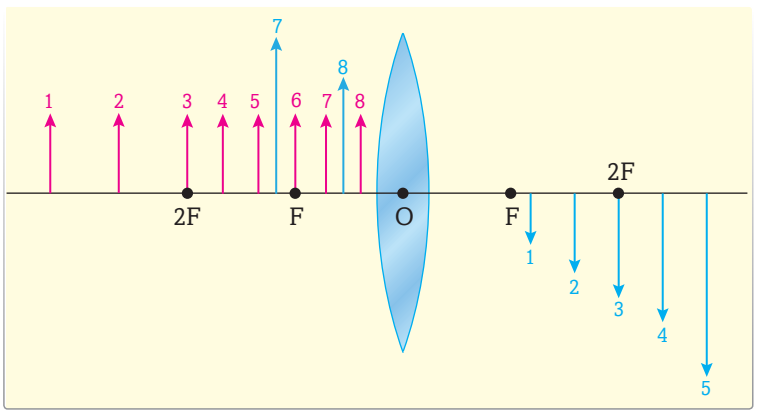
Görsel 4.93: *İnce kenarlı mercekte herhangi bir ışının kırılması*

Görsel 4.94'te görüldüğü gibi Güneş'in gerçek görüntüsünü bir kâğıt üzerinde oluşturarak o kâğıt tutuşturulabilir. Güneş ışınlarının Dünya'ya yaklaşık paralel olarak ulaştıklarını öğrendiniz. Işınlar mercek tarafından kırıldıktan sonra merceğin odak noktasında (F) kesişir. Bu noktadaki ışın yoğun olacağından kâğıdın tutuşmasına sebep olur.

Görsel 4.94: *Bir kâğıt yakmak için yakınsak mercek kullanılabilir.*

İnce Kenarlı Mercekte Görüntünün Özellikleri

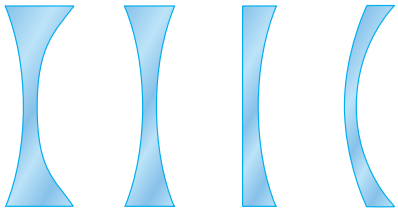
İnce kenarlı merceklerde görüntü özellikleri cismin odak noktasındaki konumuna bağlıdır. Bir cisim ince kenarlı merceğin odak uzaklığının dışında ise ters ve gerçek görüntüsü oluşur ***(Görsel 4.95.a)***. Cisim sonsuzdan F odağına yaklaştıkça cismin oluşan ters ve gerçek görüntüsü büyüyerek merceğin diğer odağından uzaklaşır. Odaktaki bir cismin görüntüsü ise sonsuzda olur. Bundan dolayı odaktaki cismin görüntüsü görülmez. Cisim odaktan sonra merceğe yaklaştıkça sanal görüntü küçülerek merceğe yaklaşır. Bu merceklerle odak uzaklığı içindeki cisimlere bakarsanız cisimleri olduğundan büyük ve düz görürsünüz. Büyüteçler bu amaçla kullanılan optik aygıtlardır ***(Görsel 4.95.b)***. İnce kenarlı mercek önündeki bir cismin optik merkeze uzaklığı ile görüntünün optik merkeze uzaklığı arasında ilişki ***Görsel 4.96***'da verilmiştir. Görselde cisim sekiz farklı konumda kırmızı renkte, görüntüleri ise mavi renkle çizilmiş ve numaralanmıştır.



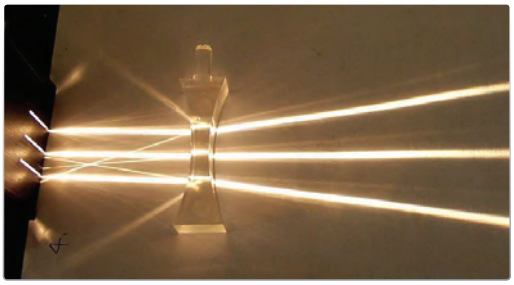
Görsel 4.96: *İnce kenarlı mercekte cismin konumuna bağlı olarak görüntü oluşumu*

Görsel 4.95: a) *İnce kenarlı merceklerde odak uzaklığı dışındaki cisimler ters görülür.* ***b)*** *İnce kenarlı merceklerde optik merkezle odak noktası arasında bulunan cisimler büyük ve düz görülür.*

NE ÖĞRENDİNİZ? İnce kenarlı merceğe gelen herhangi bir ışının nasıl kırılacağını açıklayınız.



Görsel 4.97: *Değişik tipte kalın kenarlı mercekler*



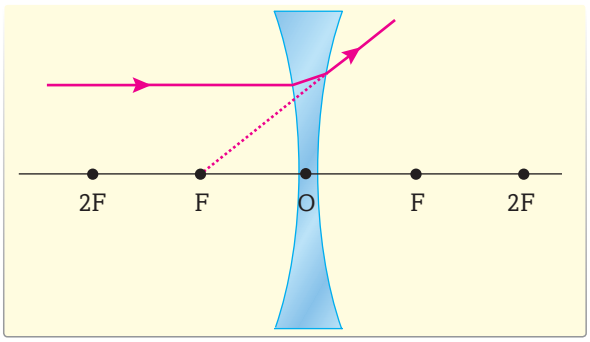
Görsel 4.98: *Kalın kenarlı merceğe asal eksene paralel olarak gelen ışınlar uzantısı odak noktasında toplanacak şekilde kırılır. Merceğin asal ekseni üzerinden gelen ışın kırılmamaktadır.*

Kalın Kenarlı Mercekler

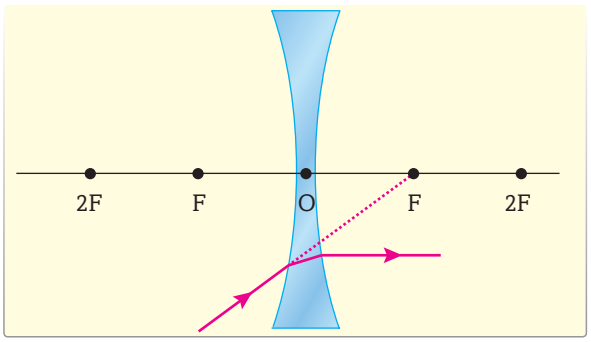
Görsel 4.97'deki mercekler kalın kenarlı (içbükey) mercek olarak adlandırılır. Çünkü merceğin ortası kenarlardan daha incedir. Kalın kenarlı mercek, ıraksak mercek olarak da adlandırılmaktadır. Bu mercekler düşük bir kırılma indisine sahip bir madde ile çevrildiğinde (örneğin hava) ışık ışınlarını kırarak dağıtırlar ***(Görsel 4.98)***. Kırılan bu ışınlar ince kenarlı mercekte olduğu gibi asla odak noktasında buluşmaz. Bu nedenle kalın kenarlı merceklerde asla gerçek bir görüntü oluşmaz. Görüntü her zaman sanal, düz ve cisimden daha küçüktür. Kalın kenarlı mercekler bazı gözlük tiplerinde ve bazı teleskoplarda kullanılır. Bununla birlikte aygıtlarda genellikle ince kenarlı merceklerle birlikte kullanılır.

Kalın Kenarlı Mercekte Özel Işınlar

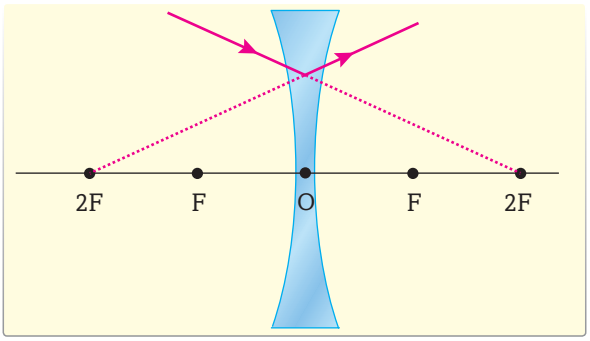
Kalın kenarlı mercekte özel ışın ve görüntüler tümsek aynadakilerin benzeridir. Tümsek aynada yansıma, mercekte kırılma olayı vardır. Şimdi aşağıdaki çizimlere bakarak özel ışınların kalın kenarlı merceklerdeki davranışını inceleyiniz.



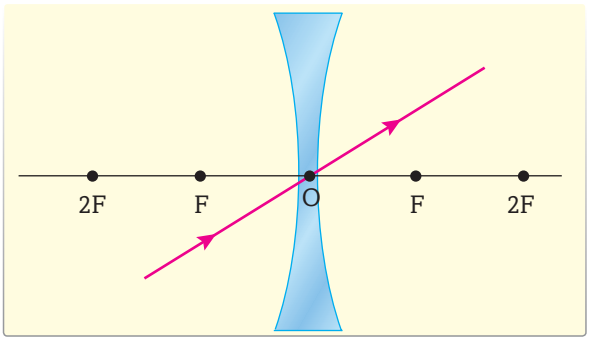
Görsel 4.99: *Asal eksene paralel gelen ışın, uzantısı odaktan geçecek şekilde kırılır.*



Görsel 4.100: *Uzantısı odaktan geçecek şekilde gelen ışın, asal eksene paralel gidecek şekilde kırılır.*



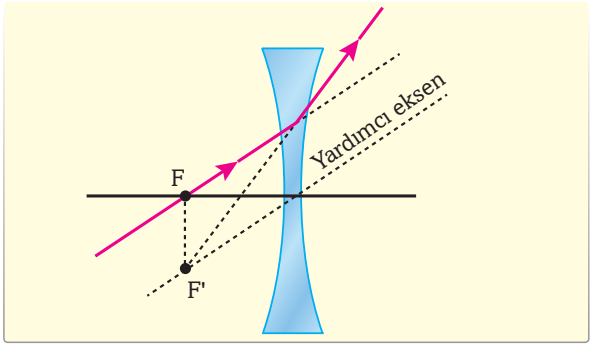
Görsel 4.101: *Uzantısı 2F noktasından geçecek şekilde gelen ışın, yine uzantısı 2F noktasından geçecek şekilde kırılır.*



Görsel 4.102: *Optik merkeze gelen ışın, doğrultu değiştirmeden gider.*

Kalın Kenarlı Merceklerde Herhangi bir Işının Çizimi

Kalın kenarlı mercek üzerine gelen herhangi bir ışının kırıldıktan sonra takip edeceği yolu belirlemek için bu ışına paralel bir yardımcı eksen optik merkezden geçecek şekilde çizilir ***(Görsel 4.103)***. Ardından asal eksenin odağını ışığın gönderildiği tarafta dik kesen odak düzlemi çizilir. Odak düzlemi ile yardımcı eksenin kesiştiği nokta yardımcı odak noktası olarak belirlenir. Kalın kenarlı mercekten kırılan ışının uzantısı, bu yardımcı odaktan geçecek şekilde çizilir.



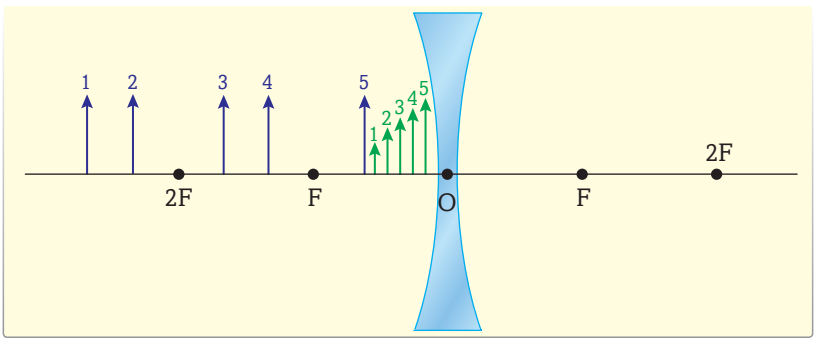
Görsel 4.103: *Kalın kenarlı merceklerde herhangi bir ışının kırılması*

Kalın Kenarlı Mercekte Görüntünün Özellikleri

Kalın kenarlı bir mercek ile cisimlere baktığınızda cisimlerin daima küçük, düz ve sanal görüntülerini görürsünüz ***(Görsel 4.104)***. Cisim nerede olursa olsun görüntü her zaman cismin olduğu taraftaki odakla mercek arasında düz, sanal ve cismin boyundan küçük olur. Cisim merceğe yaklaştıkça görüntü de merceğe yaklaşır ve boyu büyür. Cisim sonsuz uzaklıkta ise görüntü odakta olur.

Görsel 4.104: *Kalın kenarlı merceklerde daima küçük, düz ve sanal görüntüler oluşur.*

Görsel 4.105'i inceleyiniz. Bir cismin kalın kenarlı mercek önündeki beş farklı konumu mavi renkte çizilmiş ve rakamlarla etiketlenmiştir. Bu konumlardaki cisimlere karşılık gelen görüntüler ise yeşil renkle temsil edilmiş ve yerleri aynı rakam kullanılarak etiketlenmiştir.



Görsel 4.105: *Kalın kenarlı mercekte cismin konumuna bağlı olarak görüntü oluşumu*

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/3cVqwal
- https://bit.ly/2V1mVAl

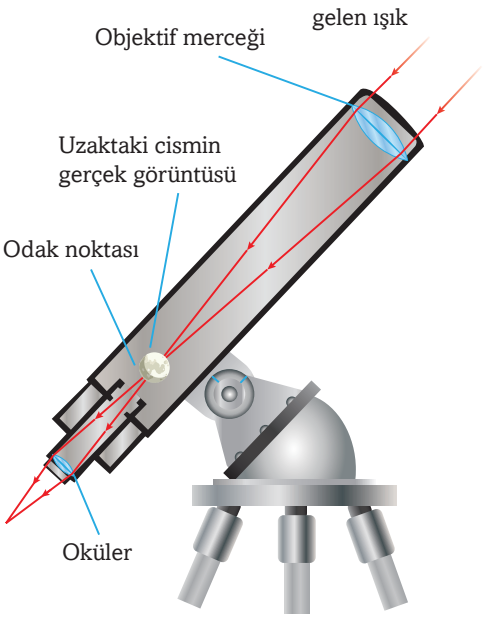
Şimdi yanda Fizik İnteraktif kısmında verilen linklerdeki simülasyonları yaparak merceklerin oluşturduğu görüntü özelliklerini inceleyiniz.

NE ÖĞRENDİNİZ? Kalın kenarlı bir mercekte görüntü özellikleri nedir?

İnce kenarlı ve kalın kenarlı merceklerden oluşan görüntülerin bir özeti ***Tablo 4.7***'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7: *Merceklerde Oluşan Görüntülerin Karşılaştırmalı Özellikleri*

Mercek Tipi	Cismin Konumu	Görüntünün Özelliği		Büyüklüğü
		Sanal/Gerçek	Düz/Ters	
İnce kenarlı	2f'den daha uzakta	Gerçek	Ters	Cisimden küçük
	2f uzaklığında	Gerçek	Ters	Cisimle aynı
	f ile 2f arasında	Gerçek	Ters	Cisimden büyük
	f'de	–	–	Görüntü yok
	optik merkez ile odak noktası arasında	Sanal	Düz	Cisimden büyük
Kalın kenarlı	Herhangi bir konumda	Sanal	Düz	Cisimden küçük



Görsel 4.106: *Uzaktaki bir cisimden gelen ışık, teleskoba girerek objektiften ve okülerden geçer. Sonuç olarak teleskopta büyük, sanal bir görüntü oluşur.*

Merceklerin Kullanıldığı Yerler

Gözlükler

İnsan gözünün yapısında bir çeşit ince kenarlı mercek bulunur. Gözün yapısındaki bu mercek özelliğini yitirdiğinde görme kusurları meydana gelir. Hipermetrop olarak adlandırılan bu kusur, ince kenarlı mercek biçiminde yapılan kontak lenslerle veya ince kenarlı merceğin kullanıldığı gözlüklerle düzeltilir. Bir başka göz kusuru ise miyoptur. Miyop göz kusuru genellikle göz merceğinin ışığı olması gerekenden çok kırmasından kaynaklanır. Miyop göz kusuru olan kişiler uzağı iyi göremezler. Bu kusur kalın kenarlı mercek biçiminde yapılan kontak lensler veya gözlüklerle düzeltilir. Hipermetrop ve miyop göz kusurları haricinde birçok göz kusurunda da farklı tipte merceklerden yararlanılır.

Kırıcı teleskoplar

Yaygın kullanılmayan bir teleskop tipidir. ***Görsel 4.106***'da görüldüğü gibi bu teleskoplarda uzaktaki cisimlerden gelen ışığı toplamak ve odaklamak için iki ince kenarlı mercek kullanılır. Uzak cisimlerden gelen ışık, objektif olarak adlandırılan ilk mercekten kırılır. Gök cisimleri çok uzakta bulundukları için gelen ışınlar hemen hemen merceğin asal eksenine paraleldir. Bu ışınlar teleskoba girdiğinde objektif olarak adlandırılan ilk mercekte kırılır. Okülerden baktığınızda objektif merceğin oluşturduğu gerçek görüntünün büyütülmüş ve tersine çevrilmiş sanal görüntüsünü görürsünüz.

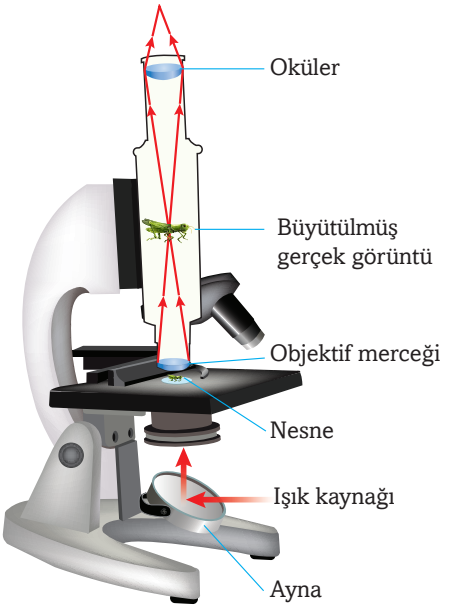
Mikroskoplar

Çok küçük nesneleri incelemek için mikroskop kullanıldığını biliyorsunuz. Bir mikroskopta küçük nesneleri büyütmek için odak uzaklıkları küçük olan iki ince kenarlı mercek kullanılır. Mikroskoplar da teleskoplar gibi bir objektif merceği ve bir okülere sahiptir.

Ancak görüntülenen nesneler merceğe yakın olduğu için farklı şekilde tasarlanmıştır.

Görsel 4.107, basit bir mikroskobun çalışma mekanizmasını şematik olarak göstermektedir. Gözlenecek nesne, şeffaf lam üzerine yerleştirilir ve aşağıdan aydınlatılır. Işık gözlenecek nesneye çarpar ve daha sonra objektif merceğinden geçer. Objektif merceği ince kenarlı bir mercek olduğundan nesnenin gerçek, büyütülmüş bir görüntüsünü oluşturur. Çünkü nesneden objektif merceğine olan uzaklık bir ve iki odak uzaklığı arasındadır. Gerçek görüntü daha sonra büyütülmüş sanal bir görüntü oluşturmak için oküler tarafından tekrar büyütülür. Bu son görüntü, iki objektifin odak uzunluklarına bağlı olarak gerçek nesneden yüzlerce kat daha büyük olabilir.

Fotoğraf makinelerinde de mercek kullanılır. Peki, fotoğraf makinelerinde merceklerin görevi nedir? Nerede bulunur? Nasıl çalışır? Bir fotoğraf makinesinde deklanşöre bastığınızda belirli bir süre ışığın kameraya girmesine izin verirsiniz. Bunu neden yaparsınız? Fotoğraf makinelerinin çalışma mekanizmasını araştırarak edindiğiniz bilgileri sınıfınızdaki arkadaşlarınızla paylaşınız.



Görsel 4.107: *Bir mikroskopta küçük nesneleri büyütmek için iki ince kenarlı mercek kullanılır.*

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- Her kelimeyi ayrı bir cümlede kullanınız: **kırılma indisi, sınır açısı, tam yansıma, serap olayı.**
- Kendi cümlelerinizle **ince ve kalın kenarlı mercekleri** tanımlayınız ve bu merceklerdeki görüntü oluşumu hakkında kısa bilgi veriniz.

UYGULAMA

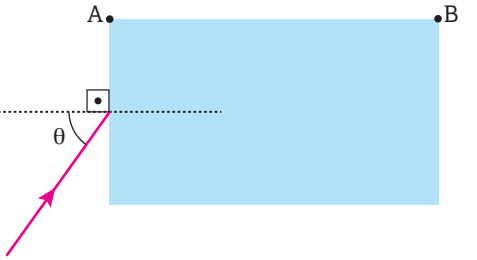
4. Elinizde kalın kenarlı bir mercek var. Cisimden gelen ışığı bu merceğin sadece alt yarısından geçecek şekilde maskeliyorsunuz (engelliyorsunuz). Bu mercek maskesiz bir merceğe göre nasıl bir görüntü oluşturur?

5. Bir öğrenci buzdan bir alet yaparak kâğıt yakabileceğini söylüyor. Sizce bu mümkün müdür? Mercekler konusunda öğrendiklerinizi göz önüne alarak cevaplayınız.

AÇIKLAYINIZ

1. Işığın havadaki hızı camdaki hızından daha büyüktür. Havada hareket eden bir ışık dalgası cama çarptığında tam yansımanın oluşup oluşmayacağını açıklayınız.

2. Bir ışık ışınının aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi havadan bir cam bloğa girdiğini farz ediniz. Bu ışın cam bloğun AB kenarından hava ortamına tekrar çıkabilmektedir. Bir ışın diyagramı kullanarak camdan çıkana kadar bu ışının izlediği yolu çiziniz.



3. Hava ortamında bulunan bir ince kenarlı merceğin boyu aynı kalmak kaydıyla yüzeylerinin eğriliği azaltıldığında odak uzaklığının nasıl değişeceğini açıklayınız.

4.4. PRİZMALAR VE RENK

Konular

- Işığın Prizmalardaki Hareketi
- Renk

Görsel 4.108: *Gökkuşağı güneşli bir günde, yağmur esnasında veya onun ardından görülür. Aynı zamanda bir şelale veya fiskiyenin yakın çevresinde de gökkuşağı oluşabilir. Sizce neden?*

Anahtar Kavramlar

- prizma
- ışığın ana renkleri
- tamamlayıcı renk

Görsel 4.109: *Bazıları yeşil gözükürken bazı elmalar neden kırmızı görünür?*

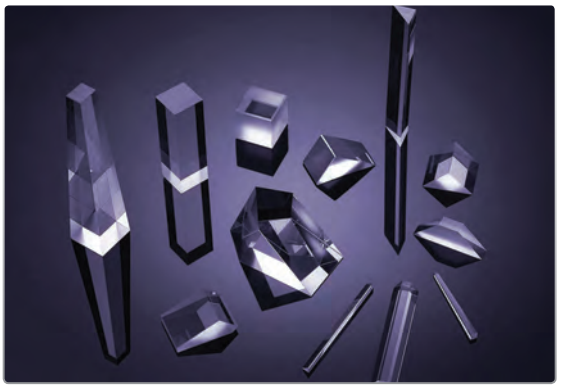
Bölüm Bittiğinde Yapabileceksiniz

- Işık prizmalarının özelliklerini açıklayabileceksiniz.
- Cisimlerin renkli görülmesinin sebeplerini açıklayabileceksiniz.

Görsel 4.110: *Işık ve boya renkleri arasında fark var mıdır?*

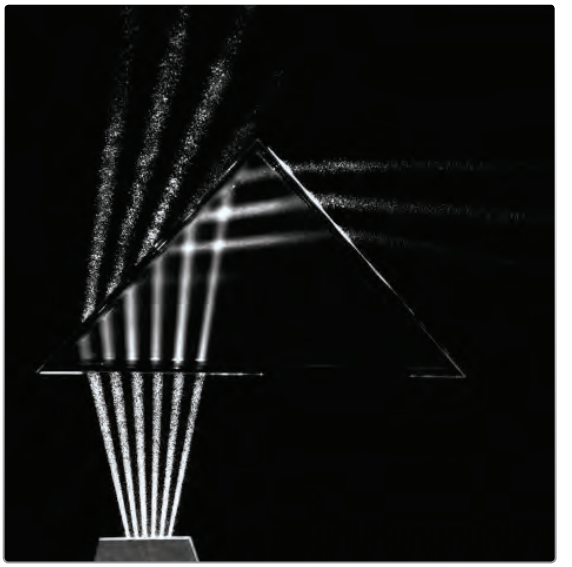
Işığın Prizmalardaki Hareketi

Bundan önceki bölümde bir ışık ışınını paralel yüzlü bir camdan geçirdiğinizde çıkan ışınların, cama giren ışınlara paralel olduğunu öğrendiniz. Ancak camdan çıkan ışınların doğrultusunu paralel yüzlü olmayan bir cam parçası kullanarak değiştirebilirsiniz. Eğer iki yüzü birbirine paralel değilse cama giren ışık ışını farklı doğrultuda çıkar. Prizma, optikte düz yüzeyleri olan ve ışığı kıran saydam cisimler olarak bilinir. Çeşitli optik cihazlarda değişik tiplerde prizmalar kullanılmaktadır.



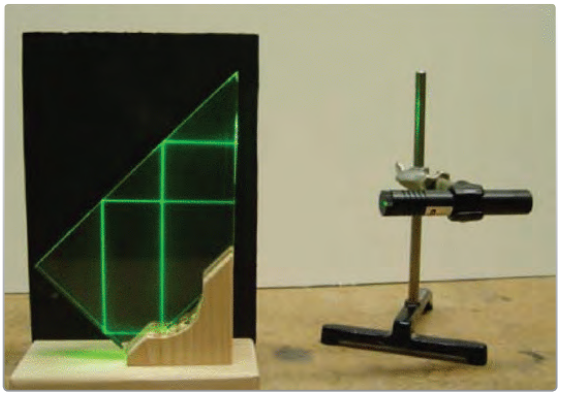
Görsel 4.111: *Değişik tiplerdeki prizmalar*

Işığın yapısını ve prizmadaki davranışını ilk olarak Sir Isaac Newton (Sör Ayzek Nivtın 1642-1727) açıklamıştır. ***Görsel 4.111***'de saydam maddelerden yapılan ve amaca göre farklı boyut ve şekillere sahip prizmalar görülmektedir. ***Görsel 4.112***, hava ortamında bulunan bir prizmaya gönderilen ışık demetlerinin izlediği yolu göstermektedir. Burada 6 adet ince ışık demeti bir prizmanın alt tarafından cama girmektedir. Bu ışınlar prizmanın alt yüzüne yaklaşık dik olarak girdiklerinden ya çok az kırılır ya da kırılmadan geçerek prizmanın ikinci yüzüne ulaşırlar. Bu yüze farklı açılarla ulaşan ışınlardan soldaki ilk üç demet, kırılarak havaya çıkarken sağdaki üç demet, tam yansımaya uğrayarak tekrar camın içinde yol alırlar ve prizmanın sağdaki yüzünden kırılarak hava ortamına çıkar. Son üç demetin prizmanın içinde çarptıkları ilk yüze gelme açısını ölçerseniz, 42°'den daha büyük bir açıyla geldikleri bulursunuz. Çünkü camdan havaya geçişte sınır açısı 42°'dir. Işık sınır açısından büyük açıyla geldiğinde ışığın kırılmayı bırakıp tam yansımaya geçtiğini daha önce öğrendiniz. ***Görsel 4.112***'de görüldüğü gibi camdan havaya (çok yoğun ortamdan az yoğun ortama) çıkarken gelme açısı arttıkça daha çok ışık yansımakta ve daha az ışık kırılmaktadır.



Görsel 4.112: *Prizmaya alt kenardan gönderilen ışık demetlerinin prizmada izlediği yol*

Şimdi ***Görsel 4.113***'e bakınız. Bu görsel laboratuvarda yapılan bir deneyin fotoğrafıdır. Bu deneyde yeşil lazer ışığı bir prizmaya gönderilmiştir. Lazer ışığı, tek renkli bir ışık olup güneş ışığı gibi birçok renkten oluşmaz. Fotoğrafta da görüldüğü gibi lazer ışığı prizmanın içinde dört kez yön değiştirerek prizmayı terk etmiştir. Işığın nerelerde ve neden yön değiştirdiğini fark edebildiniz mi?

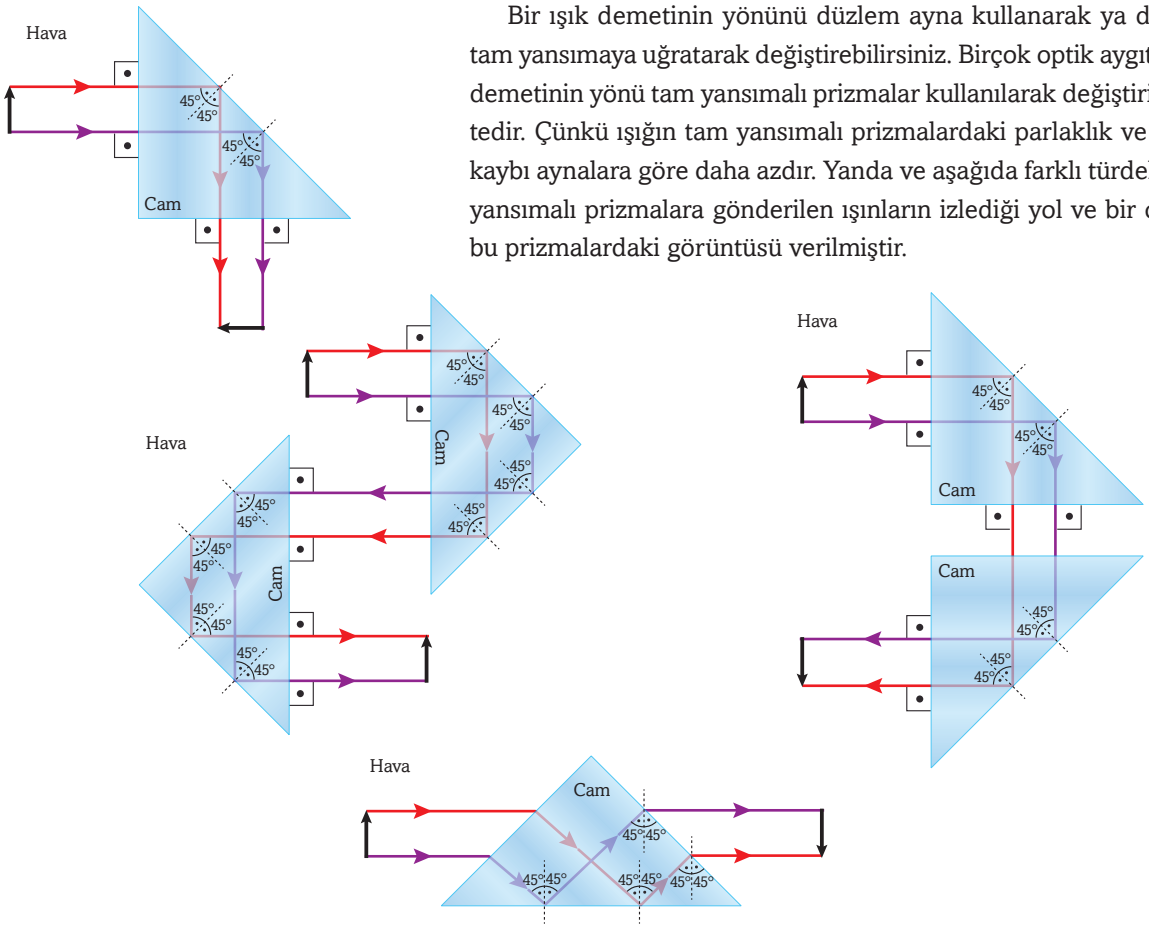


Görsel 4.113: *Işın demetleri bazı prizmalarda tam yansımaya uğrayabilir.*

Peki, ışığın izlediği yolu fotoğraf üzerinde gösterebilir misiniz?

Tam Yansımalı Prizmalar

Bir ışık demetinin yönünü düzlem ayna kullanarak ya da ışığı tam yansımaya uğratarak değiştirebilirsiniz. Birçok optik aygıtta ışık demetinin yönü tam yansımalı prizmalar kullanılarak değiştirilmektedir. Çünkü ışığın tam yansımalı prizmalardaki parlaklık ve netlik kaybı aynalara göre daha azdır. Yanda ve aşağıda farklı türdeki tam yansımalı prizmalara gönderilen ışınların izlediği yol ve bir cismin bu prizmalardaki görüntüsü verilmiştir.



Görsel 4.114: *Tam yansımalı prizmalarda ışınların izlediği yollar*

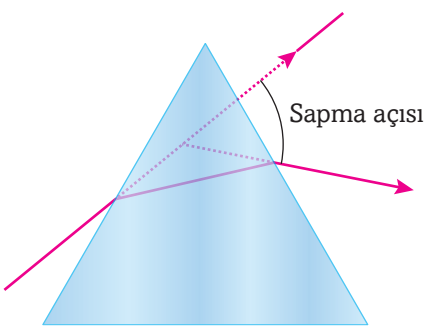
Kesitleri ikizkenar dik üçgen olan cam prizmalara **tam yansımalı prizmalar** denir. Bu prizmaların hava içindeki sınır açıları 45°'den küçüktür. Böyle bir prizmanın herhangi bir yüzüne dik düşen ışınlar, diğer yüze sınır açısından büyük gelme açısıyla düştüğü için tam yansımaya uğrar ve karşı kenardan dışarı çıkamaz. Bu prizmalarda gelen ışın, oluşan yansımalar sonucu ya sapar ya da ters çevrilir.

Tam yansımalı prizmalar; dürbün, projeksiyon makinesi ve periskop gibi optik araçlarda ışığın yönünü ve görüntünün konumunu değiştirmektedir.

Şimdi "Fizik İnteraktif"te verilen linke giriniz. Bu simülasyonda ışığın çeşitli prizmalardan geçerken izlediği yolu inceleyebilirsiniz. Bu simülasyonda tek renkli bir ışık demetini dik kesiti üçgen olan prizmaya gönderdiğinizde, bu demetin prizmayı ***Görsel 4.115***'te görüldüğü gibi doğrultusu değişmiş olarak terk ettiğini görürsünüz. Hava ortamından prizmaya gönderilen bir ışık ışını, prizmaya girerken normale yaklaşarak kırılır. Çünkü prizma havaya göre daha kırıcı bir ortamdır. Işın, prizmadan çıkarken ise çok kırıcı ortamdan az kırıcı ortama geçtiği için normalden uzaklaşarak kırılır.

Fizik İnteraktif

- https://bit.ly/1Ku5ic1

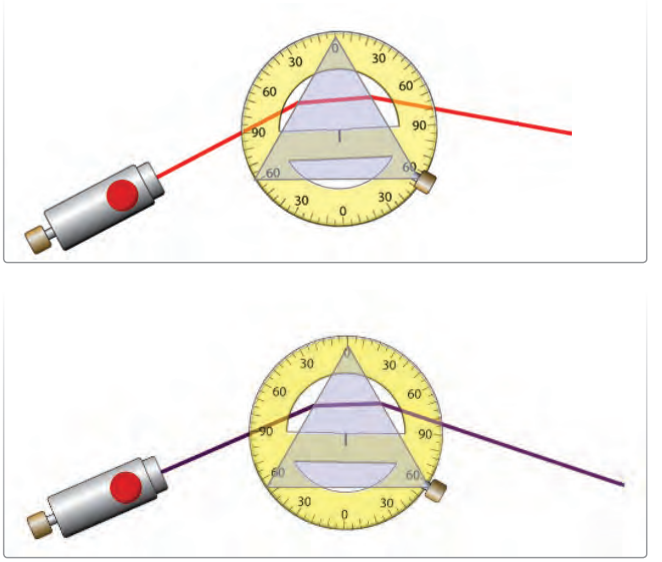


Görsel 4.115: *Işığın prizmaya girdiği ilk doğrultu ile prizmayı terk ettiği son doğrultu arasındaki açıya sapma açısı denir.*

Eğer simülasyonda prizmaya gönderdiğiniz ışığın rengini değiştirirseniz prizmadan çıkan ışığın da farklı oranlarda kırıldığını gözlemlersiniz.

Gelen ışının uzantısı ile prizmadan kırılarak tekrar hava ortamına geçen ışının uzantıları prizma içinde kesişir. Kesişen ışınların yaptığı açıya **sapma açısı** denir.

Işığın rengi prizmadaki sapmayı etkiler. Çünkü her renkteki ışık farklı oranlarda kırılır. Yani prizmanın kırılma indisi ışığın rengine bağlıdır ***(Görsel 4.116)***. Buradan yola çıkarak beyaz ışığın çeşitli renklerin bileşimi olduğunu ve cam gibi farklı ortamların kırılma indisinin çeşitli renkler için farklı olduğu sonucu elde edilir. Aynı zamanda bu sonuç ortaokul yıllarında öğrendiğiniz beyaz ışığın tüm ışık renklerinin bileşiminden oluştuğu bilgisini de açıklamaktadır.



Görsel 4.116: *Bir prizmaya aynı açıyla gelen kırmızı ve mor ışıklardan, mor ışık kırmızıya göre daha fazla kırılır.*

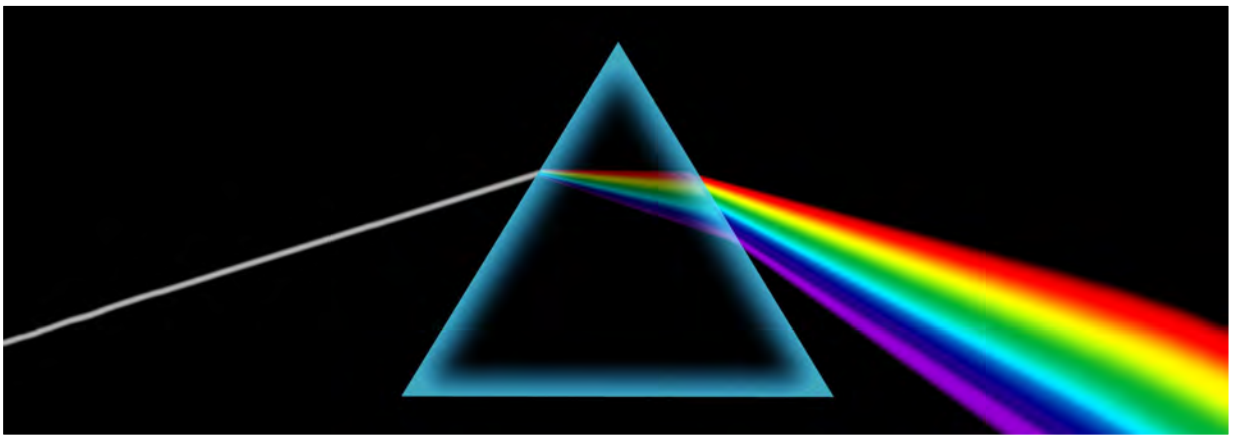
Beyaz Işığın Renklere Ayrılması

Avizede bulunan bir cam prizmanın güneş ışığını kırarak oda duvarlarında renkler oluşturduğuna şahit oldunuz mu? Sizce ışığın kırılması bu renklerin oluşmasına nasıl sebep olmuştur? ***Görsel 4.117***'ye bakınız. Bu görsel bir ışık prizmasına gönderilen beyaz ışığın prizmadan çıktıktan sonra renklerine ayrılmasını göstermektedir. Beyaz ışık bir prizmadan geçerken ***Görsel 4.117***'de gösterildiği gibi en çok mor ışık, en az kırmızı ışık kırılır. Snell Kanunu'ndan camın kırılma indisinin mor ışık için kırmızı ışığa göre daha büyük olması gerektiği sonucunu çıkarabilirsiniz. Genellikle mercekler ve prizmalarda kullanılan bir cam çeşidi olan "Crown" cam için kırılma indisinin renklerle nasıl değiştiği ***Tablo 4.8***'de verilmiştir.

Tablo 4.8: *Crown Camın Renklere Göre Kırılma İndisi*

Renk	Kırılma İndisi
Mor	1,532
Mavi	1,528
Yeşil	1,519
Sarı	1,517
Turuncu	1,514
Kırmızı	1,513

Görsel 4.117'de görüldüğü gibi mor ışık kırmızı ışıktan daha fazla kırılmaktadır. Bu durum cam prizmadan geçen mor ışığın ortalama hızının kırmızı ışığın ortalama hızından daha az olması sebebiyle oluşur.



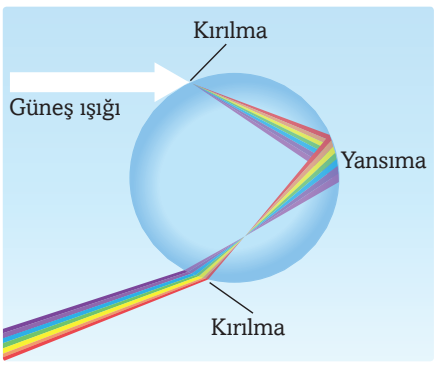
Görsel 4.117: *Beyaz ışık bir prizmadan geçerken kendisini oluşturan renklere ayrılır.*

Bilime Hizmet Edenler

İbn-i Heysem
965-1040

Arap fizikçi, matematikçi ve filozoftur. Basra'da doğmuş ve Kahire'de ölmüştür. İbn-i Heysem, çağının bütün ilimlerinde otoriteydi. Fevkalade keskin bir görüş, anlayış, muhakeme ve zekâya sahipti. Aristo ve Batlamyus'un eserlerini inceleyerek hatalarını gösterdi. Modern optiğin kurucusu kabul edilen İbn-i Heysem'in ünlü kitabı Kitab'ül Menazır, yüzyıllar boyu Avrupa'da temel eser olarak kullanıldı; Doğulu ve Batılı birçok bilim insanını etkiledi. Optik konularının daha önce incelenen ve incelenmeyen hemen her alanında çalıştı ve birikimi ileriye taşıdı. Karanlık Oda'nın da mucidi olan Heysem, görmenin gözden nesneye değil, nesneden göze ulaşan ışınlarla gerçekleştiğini kanıtladı (10,000 Dinars Iraq banknot için çizilmiştir, Görsel temsilîdir.).

https://bit.ly/39rVzZo



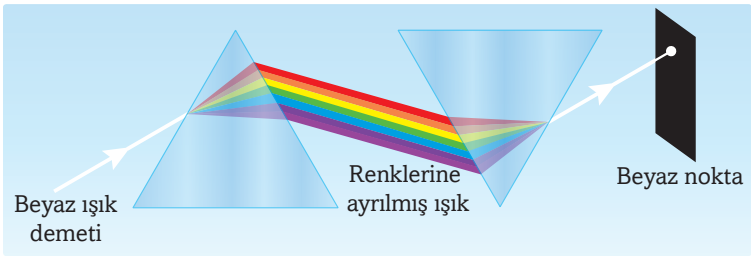
Görsel 4.119: *Beyaz ışık su damlasından geçerken farklı renkli (farklı dalga boylu) ışıklar farklı kırılır.*

Mor ışık, kırmızı ışıktan daha yüksek bir frekansa sahiptir. Bu da mor ışığın prizma camının atomları ile farklı etkileşime girmesine sebep olur. Bunun sonucu cam prizma, mor ışık için kırmızı ışıktan daha yüksek bir kırılma indisine sahip olur. ***Tablo 4.8***'e bakıldığında mor ve kırmızı ışık arasındaki kırılma indisleri farkının çok küçük olduğu görülür. Kırılma indislerindeki bu kadar küçük fark bile beyaz ışığın kendisini oluşturan renklere ayrılmasına sebep olabilmektedir.

Işığın bir prizmadan geçtikten sonra bir spektrum şeklinde yayılmasına **renklere ayrılma** denir. Bu olay, ilk kez 17. yüzyılda Rene Descartes (Röne Dekart) ve Isaac Newton tarafından incelenmiştir.

Bununla birlikte Newton ışık spektrumundan bir rengi (örneğin mor rengi) prizmadan geçirerek başka renklere ayırmak istemiştir. Yaptığı deneylerde mor ışığın biraz daha yayıldığını ancak başka renklere ayrılmadığını gözlemlemiştir. Ayrıca yapılan deneyler göstermektedir ki spektrumdaki renkler prizmada her zaman aynı şekilde sapar. Örneğin sarı ışık her zaman yeşilden daha az, kırmızıdan daha çok sapar.

Newton, beyaz ışığın birçok rengin bileşiminden oluştuğunu gösterdiği gibi spektrumdaki renkleri de bir araya getirerek beyaz ışık elde etmeyi başarmıştır. ***Görsel 4.118***'de görüldüğü gibi ince bir beyaz ışık demeti, bir prizmada renklere ayrılıp elde edilen spektrum, birinciye göre ters tutulan ikinci bir prizma üzerine düşürmek suretiyle yapılabilir. Beyaz ışık birinci prizmadan kırılarak birbirinden ayrılırken ters prizmada bu ışınlar tekrar kırılarak birbirine yaklaşır. Böylece farklı renklerdeki ışık demetleri ikinci prizmanın ötesinde konulmuş bir perde üzerinde yeniden beyaz görünür.



Görsel 4.118: *Spektrum renkleri bir araya getirilirse beyaz ışık elde edilir.*

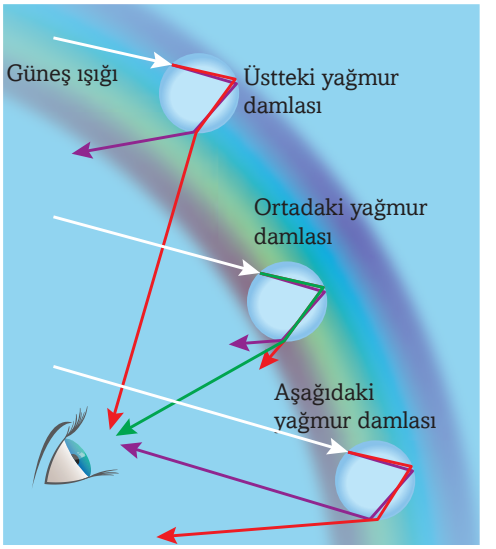
Gökkuşağı Nasıl Oluşur?

Yağmur damlaları, prizmalar gibi ışığı kırabilir. Gökkuşağı, güneş ışığının atmosferdeki su damlacıklarından geçerken kırılmasıyla oluşan bir spektrumdur. ***Görsel 4.119***'da görüldüğü gibi farklı renklerin prizmalarda (yağmur damlasında) farklı açıda kırılması Güneş'ten gelen beyaz ışığın renklerine ayrılmasına neden olabilir. Işık ışınları, su damlalarının içine girerken ve içinden çıkarken birer kez

kırılmaya uğrar. Ayrıca damlaların içindeyken birkaç kez yansıyabilirler. Her damlada tam bir spektrum oluşsa da Güneş ile yağmur damlası arasında bulunan bir gözlemci her damladan sadece belirli bir renkteki ışığı görecektir.

Gözlemlenen renk (dalga boyu), ***Görsel 4.120***'de görüldüğü gibi Güneş'in, damlanın ve gözlemcinin göreli konumlarına bağlıdır. Gökyüzünde birçok su damlası olduğundan gözlemci tam bir spektrum görür. Kırmızı ışığı yansıtan damlalar güneş ışınlarının yönü ile 42°'lik bir açı yaparken mavi ışığı yansıtan damlalar 40°'lik bir açı yapar.

Bazen, ***Görsel 4.121***'de görüldüğü gibi başka bir gökkuşağı görebilirsiniz. İkinci gökkuşağı soluktur ve burada renklerin sıralanışı ilkine göre terstir. Su damlalarının içinde iki kez yansıyan ışık ışınları bu etkiyi oluşturur. Çok nadiren ikinci gökkuşağının dışında üçüncü gökkuşağı da görülebilir.



Görsel 4.120: *Işığın renklere ayrılması sonucu her bir yağmur damlasından gözlemciye bir renk ulaşır.*

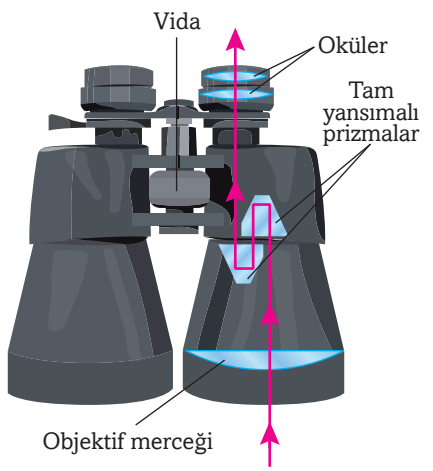
Görsel 4.121: *Yağmur damlalarında meydana gelen ikinci yansıma, bazen renklerin tersine döndüğü ikinci bir gökkuşağını görmenizi sağlar.*

Prizmalarının Kullanım Alanları

Prizmalar; fotoğraf makinesi, dürbün ve periskop gibi pek çok optik aletin yapımında kullanılır.

Dürbünler

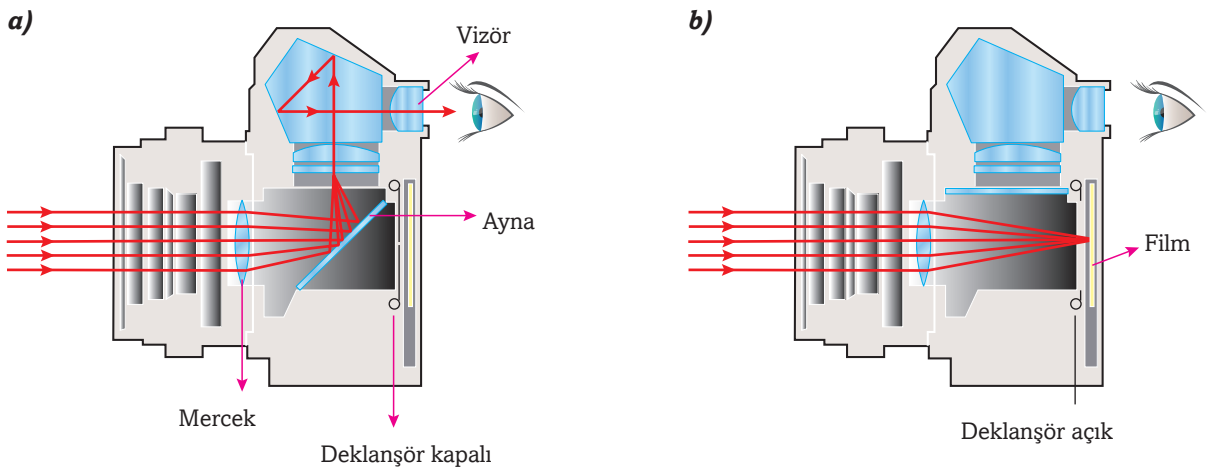
Dürbünler, teleskoplar gibi uzaktaki nesnelerin büyütülmüş görüntülerini oluşturur. ***Görsel 4.122***, tipik bir dürbün tasarımını göstermektedir. Işık, görüntüyü tersine çeviren ince kenarlı merceğe gelir. Daha sonra görüntüyü tersine çevirmek için tam yansımaya uğrayacak iki prizma boyunca hareket eder. Böylece gözlemci, nesneye göre dik olan bir görüntü görür. Prizmalar ışığın ilerlediği ve dürbünün okülere doğru yönlendirdiği yolu genişletir. Dürbün ile uzaktaki bir cisme bakarken iki göz de kullanıldığından derinliği olan bir görüntü elde edilir.



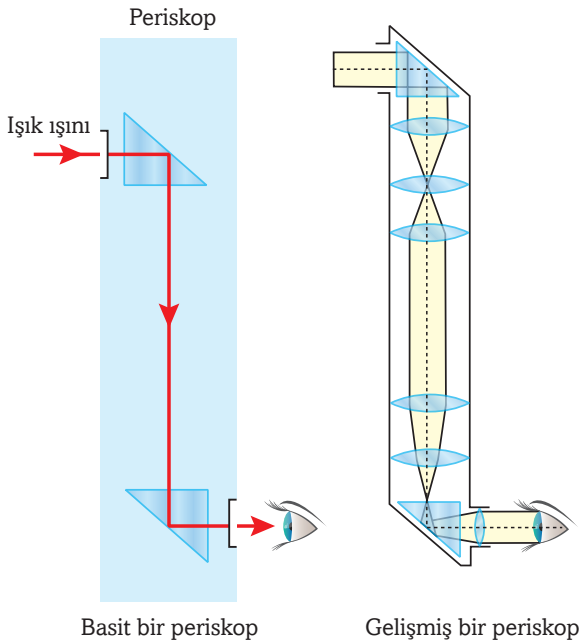
Görsel 4.122: *Dürbünler yan yana duran iki kırıcı teleskop gibidir.*

Fotoğraf Makineleri

Görsel 4.123.a, tek mercekli bir kamerada kullanılan optik sistemi göstermektedir. Işık kameraya girerken ince kenarlı bir mercekten geçer. Bu mercek ışığın ayna üzerinde ters çevrilmiş bir görüntüsünü oluşturur. Görüntü, ışığı vizöre çeviren ve yeniden yönlendiren bir prizmaya doğru, yukarı yansıtılır. Kamerayı tutan kişi, fotoğraf çektiğinde ***Görsel 4.123.b***'de görüldüğü gibi aynayı kaldıran deklanşöre basar. Bu durumda ışık prizmaya doğru değil de filmde bir görüntü oluşturmak için düz bir yol boyunca ilerler.



Görsel 4.123: *Tek mercekli bir fotoğraf makinesinin yapısı*



Görsel 4.124: *Periskopun yapısı*

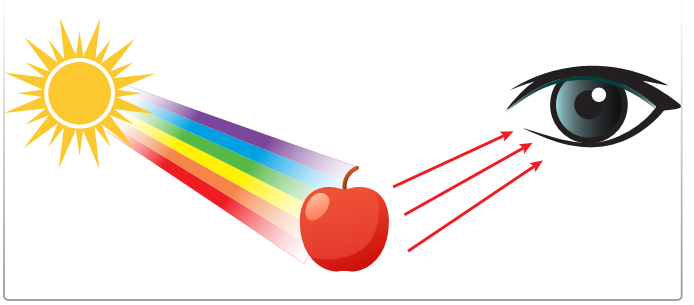
Periskop

Basit bir periskop, her iki ucunda tam yansıtmalı prizma bulunan uzun bir tüptür. Bazı tiplerinde prizma yerine 45°'lik açı yapan düz aynalar da kullanılır. Işık, periskobun üstündeki prizmanın dik yüzünden kırılmadan girer ve yansıtıcı yüze 45°'lik açı ile çarpar. Bu yüzeyden aynı açıyla yansıyan ışın, alttaki prizmaya yönlenir. Bu prizmanın dik kenarından kırılmadan geçen ışın, tekrar yansıtıcı yüzden 45°'lik açıyla yansıyarak gözlemcinin gözüne gelir. Bazı gelişmiş modellerinde prizmalar arasına mercek sistemleri yerleştirilerek daha iyi görüntüler elde edilebilir ***(Görsel 4.124)***.

Renk

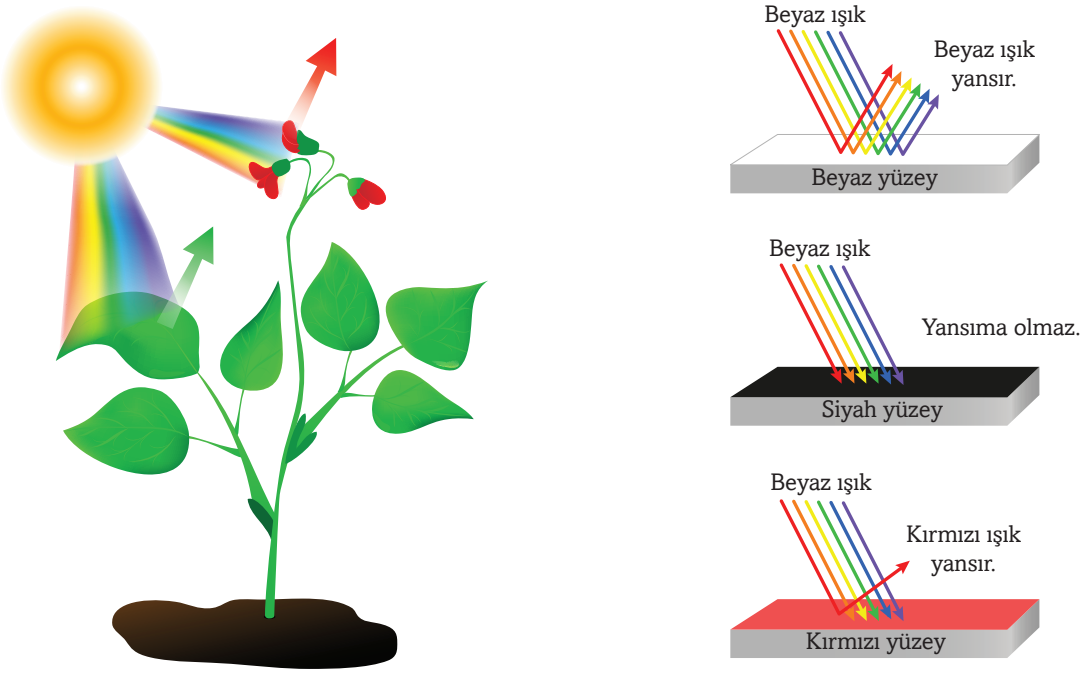
Şimdi, bu bölümün başında sorulan soruya dönünüz. Bazıları yeşil veya sarı gözükürken bazı elmalar neden kırmızı görünür? Bir nesnenin rengi, yansıttığı ışığın rengine (yani ışığın dalga boyuna) bağlıdır. Beyaz ışığın görülebilen tüm ışık renklerinin bir karışımı olduğunu biliyorsunuz. Bir cismin görülebilmesi için gözünüze o cisimden yansıyarak ulaşan ışık ışınlarının

bulunması gerektiğini de öğrendiniz. ***Görsel 4.125***'te görüldüğü gibi bir elmanın kırmızı görülmesinin sebebi bu elmanın üzerine düşen beyaz ışıktaki kırmızı ışığı yansıtması, diğer bütün renkleri soğurmasıdır. Elma yansıyan ışığın renginde, yani kırmızı görünür. ***Görsel 4.126***, yeşil bir yaprağa çarpan beyaz ışığı göstermektedir. Yaprak sadece yeşil ışık yansıttığı için yeşil görülmektedir. Benzer şekilde bir çiçeğin kırmızı ya da sarı görülmesinin sebebini söyleyebilir misiniz?



Görsel 4.125: *Elma kırmızı ışığı yansıttığından kırmızı renkte görünür.*

Peki, bazı cisimler nasıl beyaz görünür? Şu anda okuduğunuz bu sayfanın beyaz kısımlarına bakınız. Beyaz ışık, sayfanın bu bölgelerine düştüğünde bu ışığın büyük çoğunluğu yansırken çok az kısmı soğurulur. Dolayısıyla bu bölgeler beyaz görünür. Aynı şekilde bu sayfada okuduğunuz yazılara ve görsellerin siyah kısımlarına bakınız. Bazı nesneler siyah görünse de siyah, görünür ışıkta mevcut olan bir renk değildir. Bu sayfanın yazıları gibi bazı nesneler ışığın tüm renklerini soğurur ve gözünüze ya hiç yansımaz ya da çok az ışık yansır.

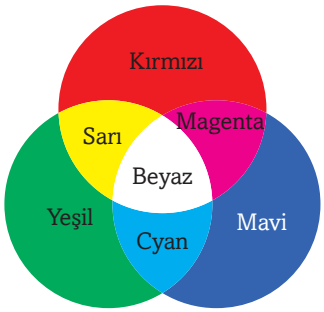


Görsel 4.126: *Yapraklar yansıttığı ışığın renginde görünür.*

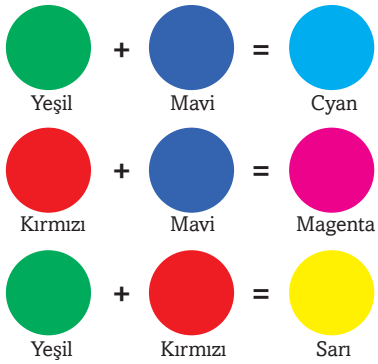
Renklerin Birleşimi

Evinizi boyatmak için bir boya dükkânına gittiğinizde satıcı, size aklınıza gelebilecek her renkte boya örneklerini seçebileceğinizi söyler. Örneğin yeşilin farklı tonu bir boya üretmek için mavi ve sarı boyalardan belli oranları karıştırılabilir. Ya da pigment denen boya molekülleri katılarak istenen renk ve tonda boya renkleri elde edilebilir. Benzer şekilde tiyatro gibi gösteri mekânlarından renkli ışıkların bileşimi ile birçok farklı renk ve tonda ışıklar elde edilebilmektedir.

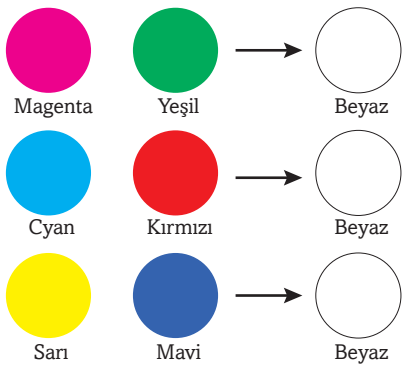
Işık Renklerinin Birleşimi



Görsel 4.127: *Kırmızı, yeşil ve mavi, ışığın ana renkleridir.*



Görsel 4.128: *Üç ana rengin ikili birleşiminden doğan renklere ikincil renkler denir.*



Görsel 4.129: *Işık için tamamlayıcı renkler*

Gökkuşağına baktığınızda sırasıyla kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mor renkleri görürsünüz. Çünkü gözünüz sadece bu altı rengi ayırt edebilir. Ancak gökkuşağında sonsuz sayıda renk tonu olduğunu biliyor muydunuz? Bununla birlikte gökkuşağındaki bütün renkler belli yoğunluktaki kırmızı, mavi ve yeşil renklerin birleşimiyle elde edilebilir. Bu yüzden bu üç renge **ışığın ana renkleri** denir. Bu ana renkler, eşit yoğunlukta birleştirildiğinde ***Görsel 4.127***'de görüldüğü gibi beyaz ışığı meydana getirirler. Ana renkler farklı yoğunluklarda birleştirildiklerinde etrafımızda gördüğümüz farklı renkler üretilebilir. Yani gün batımının parlak turuncu renginden bir dağ gölünün derin mavisine kadar gördüğünüz tüm renkler, bu üç ışık rengi birleştirilerek elde edilebilir. Bir televizyon veya bilgisayar ekranı nokta gibi minik kırmızı, yeşil ve mavi ışık kaynaklarını içerir. Bu ışık kaynaklarının birleşimi sonucu istenen renkler elde edilir. Her üç ışık rengi aynı yoğunluklara sahip olduğunda ekran beyaz görünür.

Ana renkler, ***Görsel 4.128***'de gösterildiği gibi üç ek renk oluşturmak için çiftler hâlinde birleştirilir. Kırmızı ve yeşil ışık birleşirse sarı ışık, mavi ve yeşil ışık birleşirse cyan (siyan), mavi ve kırmızı ışık birleşirse magenta renkli ışık üretirler. Sarı, cyan ve magenta renkleri oluşur. Sarı, cyan ve magenta **ikincil renkler (sekonder renkler)** olarak adlandırılır. Çünkü bunlar iki ana renkten oluşmuşlardır.

Görsel 4.129'da görüldüğü gibi sarı ışık ve mavi ışık, eşit yoğunluklarla beyaz bir ekran üzerine düşürülürse yüzey beyaz görülür. Beyaz ışık elde etmek için birleştirilebilen iki ışık rengi **birbirinin tamamlayıcı rengi** olarak adlandırılır. Bu nedenle sarı ve mavi birbirlerinin tamamlayıcı rengidir. Aynı şekilde, cyan ve kırmızı ile magenta ve yeşil birbirinin tamamlayıcı renkleridir.

Ev hanımlarının sararmış beyaz çamaşırlarını beyazlatmak için çivit ile yıkamasının sebebi budur.

Bir ışık ve onun tamamlayıcısı olan ışığın beyaz renkli ışık üretmek için birleşmesi, tiyatro gibi sahne performanslarında oldukça sık kullanılır. Örneğin sanatçıların üzerinde düşürülen mavi ve sarı ışıklar beyaz ışık etkisini meydana getirir. Kısaca farklı şiddetteki farklı renkte ışıklar kullanılarak birçok değişik renk elde edilebilir.

Hiç, bir mağazadan satın aldığınız bir giysinin renginin eve getirdiğinizde farklı görüldüğüne şahit oldunuz mu? Eğer böyle bir

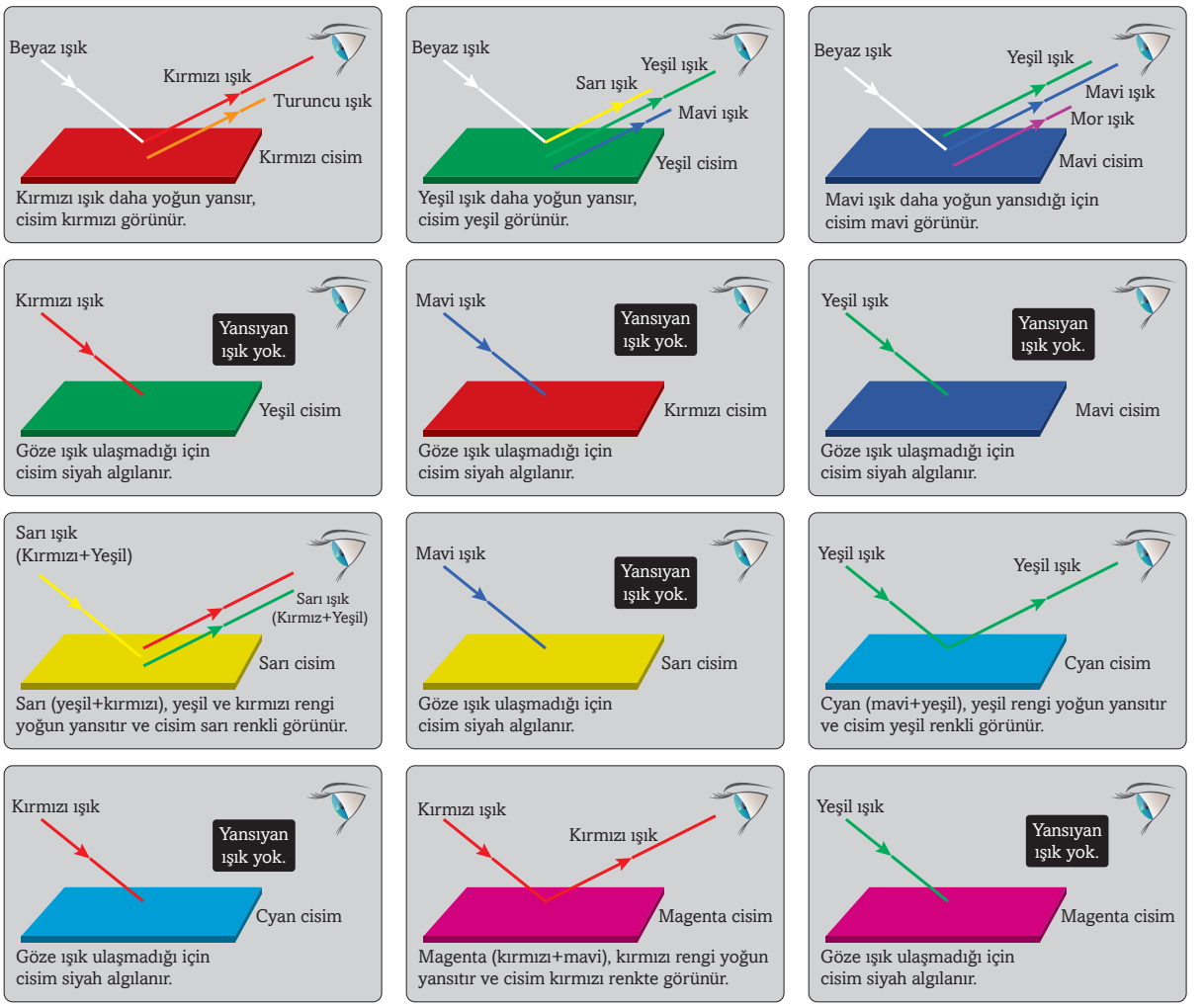
NE ÖĞRENDİNİZ? Işık için ana renkler nelerdir? Bu renklere neden ana renk denir?

durumla karşılaştıysanız aldığınız giysinin dükkânın içinde ve dışında farklı renklerde görünmesinin sebebi sizce nedir?

Bunun nedeni bazı mağazaların içerisindeki aydınlatma ışığının güneş ışığından farklı olmasıdır. Mağazadaki parlak floresan ışığı, giysilerin renklerinin biraz daha mavi tonlarda görünmesine yol açar.

Beyaz ışık altında kırmızı görülen bir cismin kırmızı ve kırmızıya yakın tonlar dışındaki bütün renkleri soğurduğunu biliyorsunuz. Bu durumda kırmızı renk yansıyarak gözünüze gelir ve cismi kırmızı görürsünüz. Ancak kırmızı cisim üzerine yeşil ışık gönderilirse bu ışık cisim tarafından soğurulacağı için yansıyan ışık olmayacak ve cisim siyah görünecektir. Bu yüzden renkli ışıkta baktığınız cisimlerin renklerini beyaz ışık altındaki renklerinden farklı görürsünüz ***(Görsel 4.131)***.

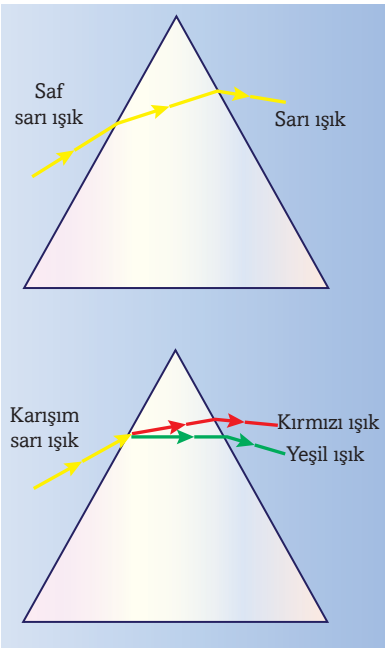
Görsel 4.130: *Adam sadece kırmızı, mavi ve yeşil lambalarla aydınlatılmaktadır. Sizce fotoğrafta ortaya çıkan diğer renkler nasıl oluşmuştur?*



Görsel 4.131: *Saydam olmayan bazı cisimler üzerine farklı renkte ışık ışınları gönderildiğinde bu cisimler yansıttıkları ışığın renginde görünür.*

NE ÖĞRENDİNİZ?

Farklı renkteki ışıkların bileşimini kullanmak, neden sahne sanatlarında önemlidir?

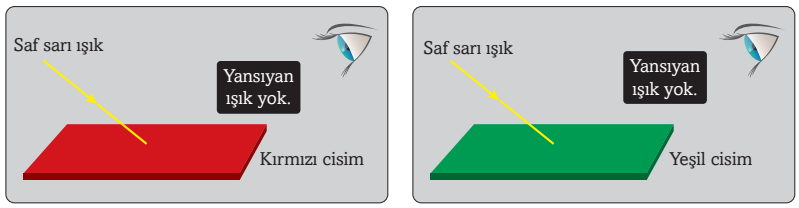


Görsel 4.132: *Saf sarı, prizmada bileşenlere ayrılmazken karışım sarı, kırmızı ve yeşil renklere ayrılır.*

Saf Sarı ile Karışım Sarı Arasındaki Fark

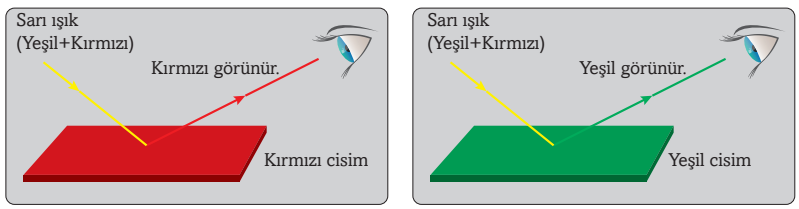
Güneş ışığının içindeki sarı, saf sarı ışık olarak bilinir. Benzer şekilde sodyum lambalarının ürettiği ışık da saf sarıdır. Saf sarı ışığı bir prizmadan geçirerek bir ekran üzerine düşürürseniz sadece sarı bir görüntü elde edersiniz. Yani saf sarı, ışık spektrumunun renklerinden biridir ve spektrum renkleri başka renklere ayrılamaz. Saf sarı prizmada her zaman aynı şekilde sapar. Art arda kaç prizma kullanırsanız kullanın sarı ışık yeşilden az, kırmızıdan çok sapar.

Bununla birlikte kırmızı ve yeşil ışık birleştiğinde sarı ışık oluştuğunu biliyorsunuz. Oluşan bu sarı karışım sarı olarak bilinir. Prizmaya gönderilen saf sarı başka renklere ayrılmazken karışım sarısı kendisini oluşturan kırmızı ve yeşil renklere ayrılır ***(Görsel 4.132)***.



Görsel 4.133: *Beyaz ışık altında kırmızı ve yeşil görünen cisimler, saf sarı ışık altında görünmez (siyah algılanır).*

Görsel 4.133'te görüldüğü gibi güneş ışığı altında kırmızı ve yeşil görülen cisimler üzerine saf sarı ışık gönderdiğinizde cismi göremezsiniz (siyah görürsünüz). Çünkü yeşil ve kırmızı ışıklar sarı ışığı soğurur ve cisimden yansıyan ışın olmaz. Buna karşılık güneş ışığı altında kırmızı ve yeşil görülen cisimler üzerine karışım sarı ışık gönderirseniz cisimler yine kırmızı görülür. Çünkü karışım sarısı ışık, hem kırmızı hem de yeşil ışıklara sahiptir. Bu nedenle cisimler, üzerlerine düşen karışım sarı ışık içindeki kırmızı ve yeşil tonlarını ağırlıklı yansıttığından kırmızı ve yeşil renkli görülür***(Görsel 4.134).***



Görsel 4.134: *Beyaz ışık altında kırmızı ve yeşil görünen cisimler karışım sarı ışık altında yine kırmızı ve yeşil görünür.*

NE ÖĞRENDİNİZ? Bir sarı ışığın saf mı yoksa karışım mı olduğunu nasıl anlarsınız?

Boya Renklerinin Bileşimi

Işıkta eşit yoğunluktaki kırmızı, mavi ve yeşil renklerin bileşiminin beyaz ışığı verdiğini öğrendiniz. Peki, eşit miktarda kırmızı, yeşil ve mavi boyaları karıştırırsanız beyaz boya elde edebilir misiniz?

Nesnelerin ışığı geçirebildiğini, yansıtabildiğini ve soğurabildiğini biliyorsunuz. Bununla birlikte bir nesnenin renginin, o nesnenin hangi rengi yansıttığına bağlı olduğunu da öğrendiniz. Bir nesnenin yüzeyindeki doğal ya da suni boyalar veya pigmentler o nesnenin rengini verir. Işık bir nesne tarafından soğurulduğunda ışık enerjisi üzerine düştüğü nesne tarafından alınır ve diğer enerji türlerine dönüştürülür. Örneğin kırmızı bir gömlek üzerine beyaz ışık düştüğünde, nesne içindeki boya molekülleri kırmızı ışığı gözünüze yansıtırken diğer tüm renkleri soğurur. Gömlek bu nedenle kırmızı görülür.

Her ressam; kırmızı, yeşil ve mavi boyaları karıştırdığında beyaz değil de çamur gibi koyu kahverengi bir renk oluşacağını bilir. Benzer şekilde kırmızı ve yeşil boyayı karıştırırsanız ışıkta olduğu gibi sarı renk elde edemezsiniz. Işık renklerinin bileşimi kuralı, boya renklerini karıştırmada geçerli değildir.

Beyaz ışığın bir ana rengini soğuran ve diğer iki rengini yansıtan renkler, boya için ana (birincil) renktir. Örneğin sarı boya (veya pigment) mavi ışığı soğururken kırmızı ve yeşil ışığı yansıtır. Sarı, cyan ve magenta boya için ana renklerdir. İki ana rengi soğuran ve bir ana rengi yansıtan renkler boya için ikincil renklerdir.

Boyalar gözünüze tek bir renkli mesaj gönderirken bir renk aralığını soğurur ve yansıtır. Örneğin, beyaz ışıkta sarı boya sarı, kırmızı, turuncu ve yeşil ışığı yansıtırken mavi ve mor ışığı soğurur. Boya için iki ana rengin karışımıyla oluşan renk her iki boyanın yansıttığı ana ışık renkleriyle belirlenir.

Şimdi ***Görsel 4.135***'e bakınız. Tüm renklerin üst üste geldiği kesişim alanı siyah görülmektedir. Üç boya renginin karışımı, ışığın tüm ana renklerini emer. Çünkü karışıma dâhil olan her yeni renk kendi rengindeki ışığı yansıtır, diğer renkleri soğurur.

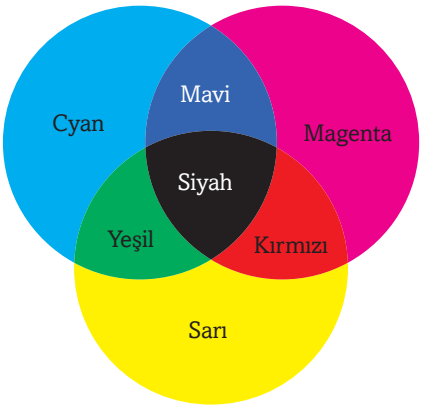
Böylece göze ulaşan renk gitgide azalır. Bütün renkler karıştırıldığında ise ışık renklerinin hepsinin soğurulması sonucu göze ışık ulaşmaz ve karışım siyah algılanır.

Görsel 4.135'ten ikincil boya renklerinin kırmızı (yeşil ve mavi ışığı emer), yeşil (kırmızı ve mavi ışığı emer) ve mavi (kırmızı ve yeşil ışığı emer) olduğunu fark ettiniz mi? Boya için birincil (ana) renklerin ışık için ikincil renkler olduğunu unutmayınız. Benzer şekilde boya için ikincil renkler ışık için ana renklerdir.

Bunları biliyor musunuz?

Pigmentler; boya, tekstil, kozmetik, yiyecek gibi maddelerin renklendirilmesinde kullanılan bileşiklerdir. Bu maddeler çoğunlukla suda çözünmez ve ince toz hâline getirildikten sonra kullanım amacına uygun bir sıvı ile karıştırılarak uygulanır. Organik ya da inorganik yapıda olabilen pigmentlerin doğal kaynaklı olanları, tarih öncesi çağlardan beri kullanılmaktadır. Pigment tanecikleri mikroskopla görülebilir.

https://bit.ly/2PcyLWO

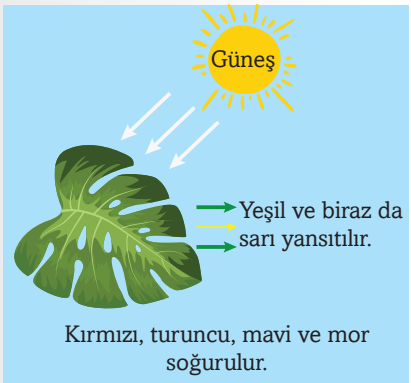


Görsel 4.135: *Birincil boya renkleri magenta, cyan ve sarıdır. Bunları çiftler hâlinde karıştırılarak ikincil boya renkleri oluşturulur. Bunlar kırmızı, yeşil ve mavidir.*

Görsel 4.136: *Bu papağanın canlı renkleri ışığın birçok farklı dalga boyundaki renkleri temsil etmektedir. Ancak fotoğraf sarı, cyan, magenta ve siyah pigmentler kullanılarak oluşturulmuştur.*

NE ÖĞRENDİNİZ? Boya için birincil ve ikincil renkler nelerdir?

Bunları biliyor musunuz?



Bitkiler yaprakları içindeki klorofil nedeniyle yeşil görünürler.

Bazı klorofil türleri kırmızı ışığı soğururken bazıları mavi ışığı soğurur. Ancak her ikisi de yeşil ışığı yansıtır. Soğurulan kırmızı ve mavi ışığın enerjisi bitkiler tarafından yeşil bitkilerin besin yapma süreci olan fotosentez olayında kullanılır.

Magenta (mavimsi kırmızı), cyan (yeşilimsi mavi) ve sarı pigmentleri karıştırarak herhangi bir boya rengi elde edebilirsiniz. Renkli yazıcılar, bu kitabın sayfalarındaki gibi renkli baskılar yapmak için boya ana renklerini kullanır. Bununla birlikte renkli yazıcılar gerçek bir siyah renk için siyah mürekkep de kullanır. Pigmentler solüsyondan ziyade süspansiyon oluşturmak için karıştırılır. Çünkü kimyasal özellikleri değişmez ve aynı renkleri yansıtır ve soğururlar.

Işık Filtreleri

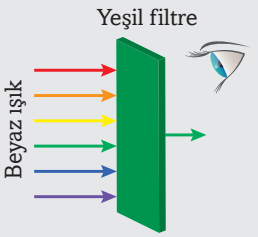
Işık filtreleri, belirli renklerdeki ışığı soğurup kendi rengindeki ışığı geçiren selofan kâğıt ve renkli cam gibi cisimlerdir. Bu okuduğunuz kitap sayfasına şeffaf bir jelatin arkasından bakarsanız benzer durumla karşılaşırsınız. Kitap sayfasının beyaz kısımları jelatin ile aynı renkte görülür. Filtreler bir veya daha fazla ışık rengini geçiren ancak diğerlerini soğuran saydam maddelerdir. Bir filtrenin rengi, geçirdiği ışığın rengidir.

Görsel 4.137, kırmızı bir domatese mavi ve yeşil renkli filtrelerden baktığınızda ne olduğunu göstermektedir. Beyaz ışık altında kırmızı olan bir domatese ***Görsel 4.137.a***'daki gibi mavi bir filtre ile bakacak olursanız domates siyah görülür. Çünkü mavi filtre domatesten yansıyan kırmızı ışığı geçirmez. ***Görsel 4.137.b***'de görüldüğü gibi domatese yeşil bir filtre ile bakarsanız yine domatesi siyaha yakın bir renk görürsünüz. Çünkü yeşil filtre domatesten yansıyan kırmızı ışığı geçirmez.

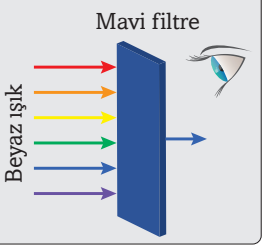
Görsel 4.137: a) *Kırmızı domatese mavi filtreyle bakılırsa siyah görülür.* ***b)*** *Kırmızı domatese yeşil filtre ile bakılırsa siyah görülür.*

Şimdi ***Görsel 4.138***'e bakarak bazı ışık renklerinin filtrelerden nasıl geçtiğini anlamaya çalışınız.

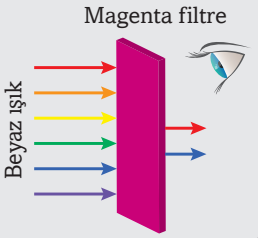
a) Yeşil filtre, beyaz ışığın yeşil ve yeşile yakın renk tonlarını geçirirken diğer renkleri soğurur. Filtre yeşil görünür.



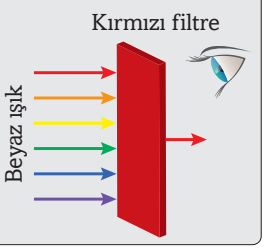
b) Mavi filtre, beyaz ışığın mavi ve maviye yakın renk tonlarını geçirirken diğer renklerini soğurur. Filtre mavi görünür.



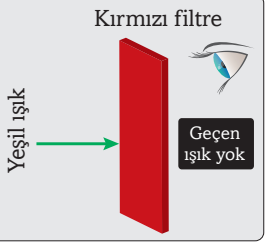
c) Magenta filtre, beyaz ışığın kırmızı ve mavi renklerinin geçmesine izin verir. Diğer renkleri soğurur. Filtre magenta renginde görünür.



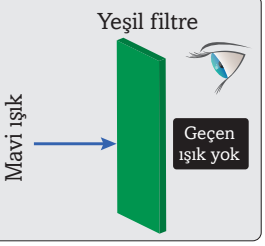
ç) Kırmızı filtre, beyaz ışığın kırmızı ve ona yakın renk tonlarının geçmesine izin verirken diğer renkleri soğurur. Filtre kırmızı görünür.

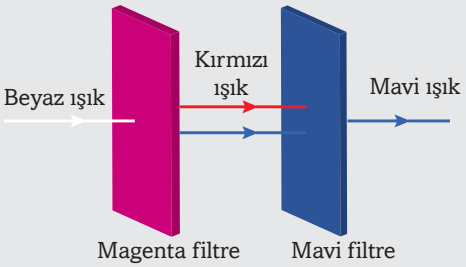


d) Kırmızı filtre, üzerine gönderilen yeşil ışığı soğurur. Filtrenin diğer tarafına ışık ulaşmaz ve siyah algılanır.

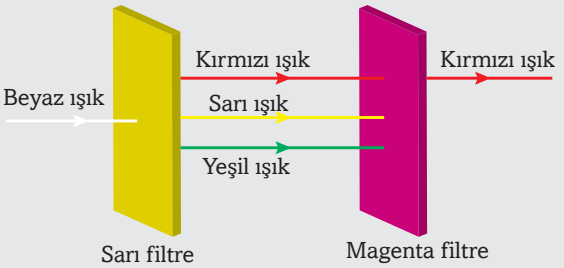


e) Yeşil filtre, üzerine gönderilen mavi ışığı soğurur. Filtrenin diğer tarafına ışık ulaşmaz ve siyah algılanır





f) Magenta, kırmızı ve mavi renkler olduğundan beyaz ışıktaki bu renkleri güçlü geçirir. Magenta filtreden turuncu, yeşil ve mor zayıf geçer. Mavi filtreye gelen kırmızı ve mavi ışıklardan mavi ışık geçer.

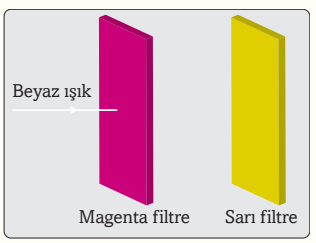


g) Sarı, kırmızı ve yeşil renkler olduğundan sarı filtre, sarı kırmızı ve yeşil renkleri güçlü geçirir. Magenta, kırmızı ve mavi olduğu için magenta filtreden sadece kırmızı geçer.

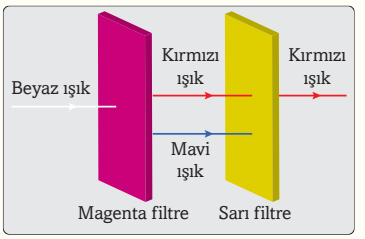
Görsel 4.138: *Bazı ışık renklerinin filtrelerden geçişi*

ÖRNEK PROBLEM

Aşağıdaki verilen filtre sisteminde göze ulaşan ışığın rengini belirleyiniz.



ÇÖZÜM



Magenta, kırmızı ve mavi renklerin karışımı olduğundan kırmızı ve mavi ışıkları güçlü geçirir. Sarı, kırmızı ve yeşil renklerin karışımı olduğundan kırmızı ve yeşil ışıkları güçlü geçirir. Sarı filtreden kırmızı ışık geçeceğinden göze ulaşan ışık kırmızı renktir.

ÖRNEK PROBLEM

Yukarıda görüldüğü gibi beyaz bir zemine mavi kalemle Fİ, kırmızı kalemle Z ve yeşil kalemle İK yazılıyor. Bu zemin, yeşil ışık ile aydınlatıldığında FİZİK kelimesi nasıl görülür?

ÇÖZÜM

Beyaz zeminde beyaz ışık altında mavi ve kırmızı görünen harflere yeşil ışık altında bakılırsa göze ulaşan ışık olmaz. Ancak beyaz ışık altında yeşil görünen harfler yeşil ışık altında aynı renkteki ışığı yansıtır. Bu nedenle beyaz zemin üzerindeki **FİZ** yazısı siyah algılanır. **İK** harflerinin okunmamasının sebebi beyaz zeminin de yeşil renkli ışığı yansıtmasıdır.

ALIŞTIRMA

Beyaz ışık altında şekildeki gibi görünen bir cisme;

a) Sarı filtre ile bakılırsa,

b) Magenta filtre ile bakılırsa,

c) Cyan filtre ile bakılırsa cisimler hangi renklerde görünür?

BÖLÜM DEĞERLENDİRMESİ

KELİMELERİ KULLANINIZ

- Her kelimeyi ayrı bir cümlede kullanınız: **gökkuşağı, ışık prizması, dürbün ve periskop.**
- Kendi cümlelerinizle **Snell Yasası, birincil ve ikincil renkler** ve **ışık filtreleri** tanımlarını yapınız.

TARTIŞMA

5. Işığın ana renkleri ile boya ana renklerinin birbirinden farkı nedir? Tartışınız.

6. Bir cisimden yansıyan ışık art arda dizilmiş yeşil, kırmızı ve mavi filtrelerden önce yeşil olana ulaşıyor. Mavi filtrenin arkasında duran bir kişi cismi hangi renkte görür?

AÇIKLAYINIZ

1. Beyaz ışık elde etmek için hangi ışık rengi mavi ışıkla birleştirilmelidir?

2. Sarı bir muz aşağıda verilen ışıklarla tek tek aydınlatıldığında hangi renkte görünür?

a) Beyaz ışık
b) Yeşil ışık
c) Kırmızı ışık
ç) Mavi ışık

3. Bir el fenerini yeşil selofanla başka bir el fenerini de kırmızı selofanla kapladıktan sonra bu el fenerleri ile beyaz bir duvarı aydınlatınız. İki el fenerinin duvardaki aydınlatmalarının üst üste geldiği yerde hangi rengi görürsünüz?

4. Elinizde sarı, cyan ve magenta renginde boyalar var. Bu boyaları kullanarak mavi renkte boya elde edilebilir mi, nasıl?

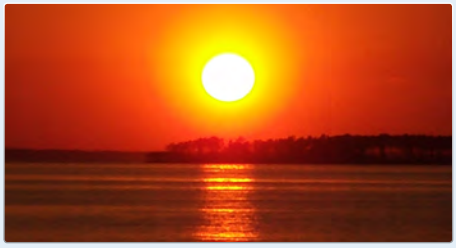
HAYATIMIZDAKİ FİZİK

Fizik ve Doğa

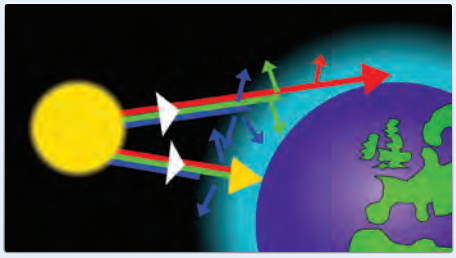
Gökyüzü Neden Mavi Görünür?

Güneş ışığının birçok renkten oluştuğunu biliyorsunuz. Güneş ışınları, dünyamızın atmosferine girdiğinde atmosferdeki gaz moleküllerine çarparak saçılır. Mavi ışık, diğer ışıklara oranla atmosferde en fazla saçılan ışıktır. Bu yüzden de gökyüzü mavi görünür. Oysa gökyüzü yoğun bulutlarla veya dumanla dolu olduğunda, tüm ışınlar nerede ise aynı oranda saçılır. Bu da gökyüzünün gri renkte görünmesine sebep olur.

Gün batımında veya doğumunda ise güneş ışınları atmosfere eğik girer. Bu yüzden ışık atmosferde daha fazla yol alır. Bu yol boyunca mavi ışık ve tonları hava molekülleri tarafından büyük oranda soğurulur. Bu yüzden kırmızı, turuncu ve sarı renkler daha fazla yeryüzüne ulaşır. Böylece o şahane posterlere konu olan gün doğumu ve batımı manzaraları ortaya çıkar. Çok az saçılmış olan kırmızı ışık ise güneşe ve ufka kızıl veya portakal rengi görüntüsü verir.



Görsel 4.139: *Gün doğumu ve batımında gökyüzü kırmızı ve ona yakın renk tonlarında görünür.*



Görsel 4.140: *Gün içinde gökyüzü mavi görünürken gün doğumu ve batımında kızıl görünür.*

Eleştirel Düşünme: *Denizlerin mavi görünmesinin sebebi ne olabilir?*

Fizik ve Teknoloji

Optik Tarayıcılar

Birçok mağazada kasiyer, alışverişlerinizin ücretini hesaplamak için ürünlerinizi bir cam pencere üzerinden geçirir veya yandaki şekilde görüldüğü gibi hareketli bir cihazı ürünlerinize tutar. Bir anda optik tarayıcıdan bip sesi çıkar ve ürünün fiyatı ekranda görünür. Optik tarayıcı denen bu cihaz, yansıyan ışığın yoğunluklarını algılayarak bilgiyi sinyallere dönüştüren bir cihazdır. Her ürünün üzerinde bir yerde barkod adı verilen kalın ve ince çizgilerden veya karelerden oluşan bir desen olduğunu fark etmişsinizdir. Optik tarayıcı bu deseni algılar ve sinyale dönüştürerek bilgisayara gönderir. Bilgisayar, veri tabanından bu ürünü arar, ürünün fiyatını bulur ve bilgileri kasaya gönderir.

Görsel 4.141: *Mağazalarda kullanılan bir optik tarayıcı*

Resimleri veya metni bilgisayar programlarında kullanabileceğiniz formlara dönüştürmek için farklı türde optik tarayıcı da kullanmış olabilirsiniz. Bir camın üzerine bir belge veya resim yerleştirilerek kapak kapatılır. Optik bir tarayıcı camın altından geçer ve renk desenini okur. Tarayıcı, deseni bir bilgisayarda depolanabilen elektronik bir dosyaya dönüştürür.

Eleştirel Düşünme: *Optik tarayıcıların günlük hayatta sağladığı kolaylıklar nelerdir?*

Fizik ve Tarih

Kontakt Lensler

Kontakt lenslerin temel fizik özelliklerini ilk kez ünlü bilim insanı Leonardo da Vinci'nin (Leonardo da Vinci) 1508 yılında yaptığı çizimlerinde tanımladığı bilinmektedir. 1636 yılında Fransız filozof René Descartes (Röne Dekart) göz kusurlarının düzeltilmesi için içine sıvı yerleştirilen bir cam tüpü kornea ile temas ettirme fikrini önerir fakat bu fikir pratikte uygulanamaz ve oldukça risklidir.

1801 yılında Thomas Young (Tomas Yang) adlı bir bilim insanı içi sıvıyla doldurulmuş ve modern kontak lenslerin ilk örneği sayılabilecek bir "göz kabı" geliştirmiştir. Fakat bu aygıt da pratikte uygulanamamıştır.

1888 yılında Adolf E. Fick (Adolf E. Fik) ve Eugene Kalt (Öjen Kalt) ismindeki iki Alman doktor sorunsuz bir şekilde kullanılabilen ilk kontakt lensi icat etti. Bu lens, kahverengi gözlük camından üretilmişti ve sadece birkaç saatliğine kullanılabiliyordu.

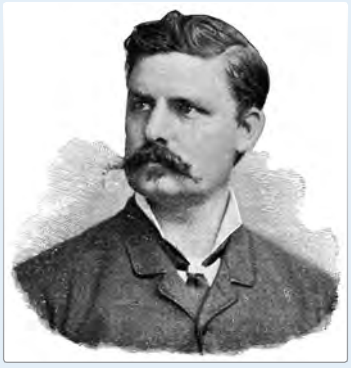
1936 yılında Amerikalı optisyen William Feinbloom (Vilyım Feinblum) daha ince ve kullanışlı ilk plastik lensi tanıttı. Bu lens, plastik ve cam karışımından oluşmaktaydı.

1949 yılında ise kornea ile bire bir temas hâline geçen ilk lens icat edildi. Bu lens, kornea yüzeyinin tamamını kaplayabiliyor ve günde 16 saat boyunca gözde kalabiliyordu. Fakat bunun bir dezavantajı vardı: Lens, korneaya giden oksijeni engelliyordu. Bu durum gözün sağlığı açısından oldukça tehlikeliydi.

1961 yılında Çek kimyager Otto Wichterle (Otto Vihterle) ilk yumuşak ve gaz geçirebilen kontakt lensi üretti. Bu lensler, kendisinden önce geliştirilenlere göre oldukça rahattı ve daha uzun süre kullanılabiliyordu. Sonraki 25 yıl boyunca bu lensler geliştirildi ve daha fazla oksijen geçirebilir hâle getirildi.

Son olarak 1999 yılında büyük bir buluş gerçekleştirildi ve silikon hidrojeller icat edildi. Silikonun maksimum seviyede oksijen geçirgenliğine sahip olmasından dolayı lensler artık bu maddeden üretilmeye başlandı. Artık, lensler gece yarısına kadar kullanılabiliyor ve gözü daha az yoruyordu.

Görsel 4.142: *Gözün kırma kusurlarını düzeltmek için gözlüğe alternatif olarak üretilmiş, korneanın ön yüzeyine takılan merceklere kontakt lens denir.*



Görsel 4.143: *İlk kullanılabilen lensi üreten doktorlardan Adolf E. Fick*

Görsel 4.144: *İlk yumuşak ve gaz geçirebilen kontak lensi üreten Çek kimyager Otto Wichterle*

Eleştirel Düşünme: *Günümüzde kontakt lensler çok gelişmiş olmasına rağmen birçok insan hâlâ gözlük kullanmaktadır. Sizce neden?*

4. ÜNİTE DEĞERLENDİRME SORULARI

DOĞRU-YANLIŞ SORULARI

Aşağıdaki cümlelerin başına yargılar doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

1. (...) Işığı, tanecik modeli olarak düşünürseniz bir ışık kaynağından birim zamanda yayılan ışık tanecikleri sayısına ışık akısı denir.

2. (...) Aydınlanmanın birimi lüks'tür ve kısaca lx olarak gösterilir.

3. (...) Işık akısı, kaynak tarafından yayılan toplam görünür ışık miktarını temsil eder.

4. (...) Büyüteçlerde kullanılan optik araç, kalın kenarlı mercektir.

5. (...) Işığın kırılması, ışığın farklı ortamlarda farklı hızlarla yayılmasından kaynaklanır.

6. (...) Gökkuşağı, ışığın havadaki su damlacıklarından geçerken kırılmasıyla oluşur.

7. (...) Bir yaprağın yeşil görünmesinin sebebi, yaprağın güneş ışığındaki yeşili soğurması, diğer renkleri yansıtmasından dolayıdır.

8. (...) Çukur aynada asal eksene paralel gelip aynadan yansıyan ışınların asal eksenle kesiştiği noktaya tepe noktası denir.

9. (...) Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama sınır açısından büyük gelme açısıyla gönderilen ışın diğer ortama geçemez.

10. (...) Beyaz renkli giysiler, ışığı daha fazla soğurur.

BOŞLUK DOLDURMA SORULARI

Aşağıdaki cümleleri kutucuklarda verilen ifadeleri kullanarak tamamlayınız.

- kırılma
- düz
- ince kenarlı mercek
- sınır açısı
- tamamlayıcı
- tam yansıma
- kalın kenarlı mercek
- tümsek
- küçük
- ayna
- ay tutulması
- çukur ayna
- prizma

1. Ortası kenarlarından daha kalın olan merceklere ..... denir.

2. Işığın ortam değiştirirken doğrultusunu değiştirmesi olayına ..... denir.

3. Tümsek aynalarda oluşan görüntüler cisimlerden daha ..... ve ..... dır.

4. Bir cisim, ... nın odak noktasına yaklaştıkça görüntüsü aynadan uzaklaşır.

5. Beyaz ışık elde etmek için birleştirilebilen iki ışık rengi, birbirinin ..... rengi olarak adlandırılır.

6. Dürbün, periskop, fotoğraf makinesi gibi optik araçlarda ışığın yönünü ve görüntünün konumu değiştirilmek için ..... denilen optik aletler kullanılır.

7. Kırıcı teleskoplarda .... kullanılmaz.

8. Diğer aynalara göre daha geniş görüş alanı sağladığından ..... aynalar güvenlik aynası olarak kullanılır.

9. Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama gönderilen ışığın kırılma açısını 90° yapan gelme açısına ..... denir.

10. Fiber optik kabloların uzun mesafelerde telefon konuşmalarını iletmesi ışığın .... özelliği sayesinde olmaktadır.

AÇIK UÇLU SORULAR

1. Sıcak bir günde serap olayı ile karşılaşma olasılığınız neden daha fazladır?

2. Tam yansımanın gerçekleşmesi için gerekli olan koşullar nelerdir? Listeleyiniz.

3. Güneş ışığı altında beyaz görünen tişörtten yansıyan ışık önce kırmızı filtreden ardından yeşil filtreden geçerek göze ulaşmaktadır. Bu beyaz tişört ne renk görünür?

4. Bir ışığın aynadan yansıması ile beyaz görünen bir duvardan yansımasını karşılaştırınız.

5. Yeşil ışık siyah-beyaz çizgili bir gömlek üzerine düşerse gömlek hangi renkte görünür?

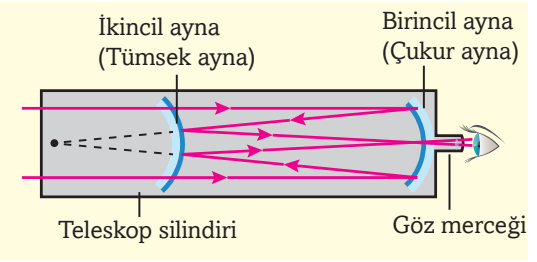
6. Bir yaprağa kırmızı bir filtreden baktığınızı düşününüz. Yeşil olan bu yaprak neden siyah görünür?

7. Kırmızı renk üretmek için hangi birincil boya renkleri karıştırılmalıdır? Farklı tonlarda kırmızı renk elde etmek için ne yapılmalıdır?

8. Bir düzlem aynaya bakarak ayaklarınızdan başınıza kadar tüm bölgeyi görmek istiyorsunuz. Bir ışın diyagramı çizerek kullanmanız gereken aynanın en az boyunuzun yarısı kadar olması gerektiğini gösteriniz.

9. Bir çukur aynanın odak uzaklığı 10 cm'dir. Bu aynanın eğrilik yarıçapı nedir?

10. Bazı teleskoplarda kullanılan bir optik sistem aşağıdaki şekilde gösterilen Cassegrain (cassegren) teleskobudur. Bu teleskopta birincil ayna ve bu aynanın tepe ve odak noktası arasında konumlandırılmış tümsek ayna olan ikincil bir ayna kullanılır.



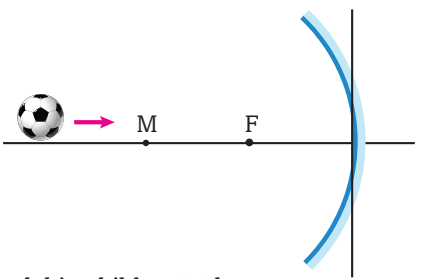
a) Tek bir tümsek ayna sadece sanal görüntüler üretir. Bu teleskoptaki tümsek aynanın aynalar sistemi içinde nasıl gerçek görüntü ürettiğini açıklayınız.

b) Cassegrain teleskobunda üretilen görüntüler düz mü yoksa ters midir? Açıklayınız.

11. Yeşil camdan yapılmış büyük bir şişenin küçük bitkilerin yetiştirilebileceği uygun bir kap olup olmayacağını tartışınız.

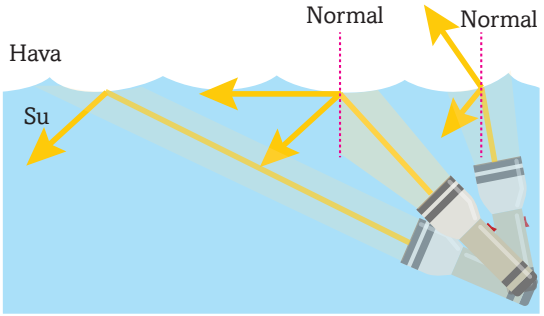
12. Tümsek ayna ve kalın kenarlı mercekte neden gerçek bir görüntü üretilemediğini açıklayınız.

13.



Yukarıdaki şekilde görülen top yavaşça sağdaki odak noktası F, merkezi M olan çukur aynaya doğru yuvarlanmaktadır.

Topun görüntüsünün boyutu nasıl değişir. Açıklayınız.



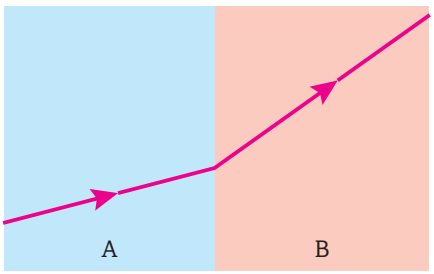
14 ve 15. soruları yukarıdaki şekle göre cevaplandırınız.

14. Su içindeki bir ışık ışınının su yüzeyine ulaştığında hangi durumda tam yansımaya uğrayacağını açıklayınız.

15. El feneri havada ve şekilde gösterilen ışık ışınlarının yönü tersine çevrilmiş olsaydı, hangi koşullar altında tam yansıma gerçekleşirdi? Açıklayınız.

16. Plastikten yapılmış kalın kenarlı bir mercek bir sıvı içine konulmuştur. Sıvı içinde ilerleyen bir ışık demeti mercekten geçtiğinde kırılma olayı gerçekleşmemektedir. Bu olay nasıl olmaktadır? Işığın hızını plastik ve sıvı içinde karşılaştırarak açıklayınız.

17.



Yukarıdaki şekil A ortamından B ortamına geçen bir ışık ışınını göstermektedir. Şekle bakarak A ve B maddesel ortamlardan hangisinin daha büyük bir kırılma indisine sahip olduğunu açıklayınız.

ÇOKTAN SEÇMELİ SORULAR

1. Bir çukur aynada düz bir görüntü elde etmek için cisim nerede olmalıdır?

A) Odak noktasında
B) Odak noktası ile tepe noktası arasında
C) Merkezde
D) Odak ile merkez arasında
E) Merkezden ötede

2. Aşağıdakilerden hangisi tümsek ayna tarafından verilen görüntünün özellikleri arasında yer alır?

A) Büyük
B) Ters
C) Gerçek
D) Sanal
E) Merkezde

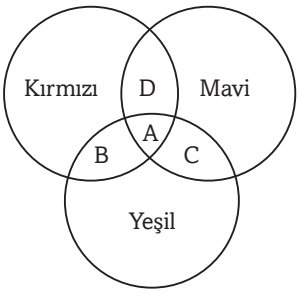
3. Aşağıdakilerden hangisi beyaz ışık ile aydınlatılan bir cismin kırmızı renkli görülmesinin sebebidir?

A) Beyaz ışığın içerisinde bulunan tüm renklerdeki ışınları yansıtması
B) Beyaz ışığın içerisindeki kırmızı ışığı soğurup diğer tüm ışınları yansıtması
C) Beyaz ışığın içerisinde bulunan kırmızı hariç diğer ışınları soğurup kırmızı ışığı yansıtması
D) Beyaz ışığın içerisinde bulunan tüm renklerdeki ışınları soğurması
E) Beyaz ışığın içerisinde bulunan tüm renkleri saçması

4. Bir cismin görüntüsünün hangi özelliği hem tümsek hem de düzlem aynada aynıdır?

A) Sanal olması
B) Gerçek olması
C) Cisimden küçük olması
D) Cisimden büyük olması
E) Ters olması

5 ve 6. soruları aşağıdaki şekle göre cevaplandırınız.



5. Birincil ışık renkleri beyaz bir yüzeye düşürülmektedir. **A bölgesinde hangi renk gözlenir?**

A) Sarı
B) Cyan
C) Magenta
D) Siyah
E) Beyaz

6. B bölgesinde hangi renk gözlenir?

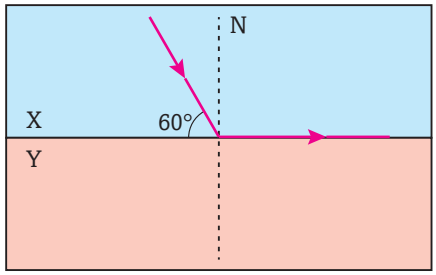
A) Sarı
B) Cyan
C) Magenta
D) Siyah
E) Beyaz

7. I. Çay bardağındaki kaşığın kırık görünmesi
II. Akvaryumdaki balıkların yakından görünmesi
III. Güneşli havalarda gölgemizin oluşması

Yukarıda verilen yargılardan hangileri ışığın kırılması ile ilgilidir?

A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) I ve II
D) II ve III
E) I, II ve III

8.

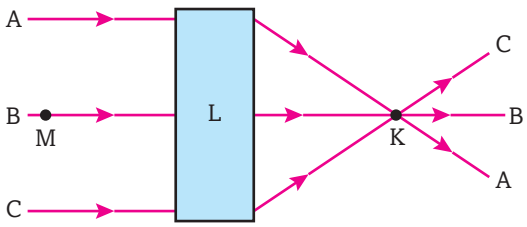


Işık ışınının, X ve Y saydam ortamlarında izlediği yol şekildeki gibidir.

Buna göre verilen seçeneklerden hangisi yanlıştır?

A) X ortamı Y ortamından daha yoğundur.
B) Işık ışınının Y ortamındaki hızı X ortamındaki hızından küçüktür.
C) Işının normal ile yaptığı açı küçülürse ışın Y ortamına geçer.
D) Gelen ışının normal ile yaptığı açı büyütülürse ışın tam yansıma yapar.
E) X ortamından Y ortamına geçişte sınır açısı 30° dir.

9.



L kutusu içerisinde bulunan optik alete gönderilen tek renkli A, B ve C ışınları şekildeki yolu izliyor.

Buna göre;

I. Kutu içerisinde ince kenarlı mercek vardır.
II. K noktası merceğin odak noktasıdır.
III. Işınlar K noktasından merceğe gönderilirse M noktasında odaklanırlar.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I
B) I ve II
C) I ve III
D) II ve III
E) I, II ve III

10. I. Asal eksene paralel gelen ışınlar mercekte kırıldıktan sonra uzantısı odak noktasından geçer.

II. Işınlar kırıldıktan sonra asal eksen üzerindeki bir noktadan geçer.

III. Işınlar kırıldıktan sonra birbirlerinden uzaklaşır.

Kalın kenarlı merceklerle ilgili yukarıda verilen bilgilerden hangileri doğrudur?

A) Yalnız I
B) Yalnız III
C) I ve III
D) II ve III
E) I, II ve III

11. I. Bir cisim, üzerine düşen ışınlardan hangisini yansıtırsa o renkte görünür.

II. Üzerine beyaz ışık düşen cisimler ne kadar az rengi yansıtırsa o kadar çok ısınır.

III. Kırmızı renkli bir cisme yeşil ışık düşürülürse cisim yeşil renkte görünür.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) Yalnız I
B) I ve II
C) I ve III
D) II ve III
E) I, II ve III

12. Odak uzaklığı 20 cm olan çukur aynanın 30 cm uzağına, asal eksen dik olan bir cisim konulmaktadır.

Buna göre;

I. Görüntünün boyu cismin boyundan küçüktür.

II. Görüntü sanaldır.

III. Görüntü terstir.

yargılarından hangileri doğrudur?

A) I ve II
B) I ve III
C) II ve III
D) Yalnız I
E) Yalnız III

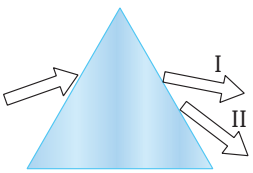
13. Odak uzaklığı 10 cm olan kalın kenarlı bir mercekten 40 cm uzağa bir cisim yerleştirilmektedir. **Oluşan görüntünün özellikleri ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi doğrudur?**

A) Gerçek, ters ve küçük
B) Gerçek, ters ve büyük
C) Sanal, ters, küçük
D) Sanal, düz, büyük
E) Sanal, düz, küçük

14. Aşağıdaki durumların hangisinde tam yansıma gözlemlenebilir?

A) Işık ışınının az yoğun ortamdan çok yoğun ortama belli bir gelme açısıyla gönderilmesi
B) Işık ışınının az yoğun ortamdan çok yoğun ortama sınır açısıyla gönderilmesi
C) Işık ışınının az yoğun ortamdan çok yoğun ortama yüzeyin normali doğrultusunda gönderilmesi
D) Işık ışınının çok yoğun ortamdan az yoğun ortama belli bir gelme açısıyla gönderilmesi
E) Işık ışınının çok yoğun ortamdan az yoğun ortama yüzeyin normali doğrultusunda gönderilmesi

15. Yandaki şekilde görüldüğü gibi beyaz ışık prizmadan renklerine ayrılmış olarak çıkmaktadır.



Buna göre I ve II nolu ışınların renkleri aşağıdakilerden hangisi olabilir?

	I	II
A)	Mor	Yeşil
B)	Sarı	Turuncu
C)	Yeşil	Turuncu
D)	Kırmızı	Mor
E)	Yeşil	Sarı

CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE CEVAP ANAHTARI

BÖLÜM DEĞERLENDİRME

Sayfa 22

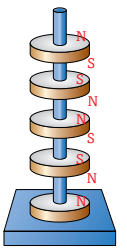
1. Öğrencinin cevabı
2. Öğrencinin cevabı
3. Öğrencinin cevabı
4. Öğrencinin cevabı
5. Öğrencinin cevabı
6. Değişmez.
7. 10^{19}

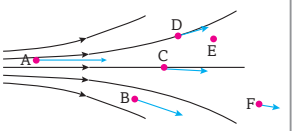
Sayfa 52

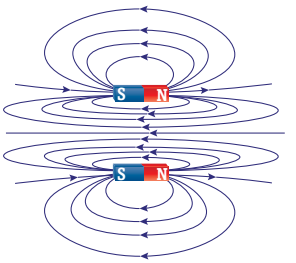
1. Öğrencinin cevabı
2. Öğrencinin cevabı
3. 264 000 J
4. **a)** 11 Ω

   b) 23 A > 20 A olduğundan devre kesici akımı keser.
5. Öğrencinin cevabı
6. Öğrencinin cevabı

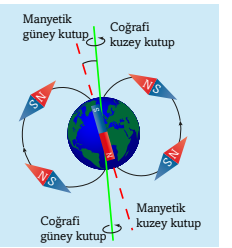
Sayfa 60

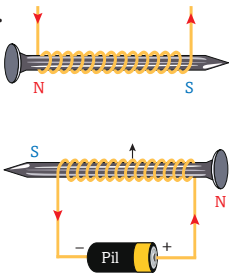
1. Öğrencinin cevabı
2. Öğrencinin cevabı
3. 

4. Öğrencinin cevabı
5. 

Manyetik alan şiddetinin en büyük olduğu nokta A, en küçük olduğu nokta F'dir.
6. 

Sayfa 72

1. Öğrencinin cevabı
2. Öğrencinin cevabı
3. Öğrencinin cevabı
4. 

5. 

ALIŞTIRMALAR

Sayfa 26	Sayfa 32	Sayfa 44	Sayfa 59
200 Ω	8 Ω ve 32 Ω	29,75 W	1: S, 2: N, 3: S, 4: N

NE ÖĞRENDİNİZ?

Sayfa 51

A devresi: $I_A = 3$ A;

$V_1 = 15$ V, $V_2 = 7{,}5$ V,

$V_3 = 1{,}5$ V

B devresi: $I_1 = 4{,}8$ A,

$I_2 = 9{,}6$ A, $I_3 = 48$ A;

$V_1 = V_2 = V_3 = 24$ V

Sayfa 59

İki mıknatıs birbirine kutup cinslerine bağlı olarak hem itme hem de çekme kuvveti uygular. Ancak mıknatısın her iki kutbu demir çubuğa çekme kuvveti uygular. Bu durum dikkate alınarak yapılacak bir uygulama ile mıknatıs olmayan çubuğun hangisi olduğu belirlenebilir.

DEĞERLENDİRME SORULARI (Sayfa 74-77)

Doğru Yanlış

1. Y
2. Y
3. D
4. D
5. Y

Boşluk Doldurma Soruları

1. manyetik alan çizgileri
2. paralel
3. manyetik etki
4. devre kesici
5. çubuk mıknatıs

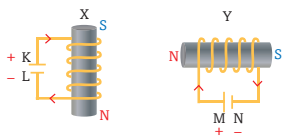
Açık Uçlu Sorular

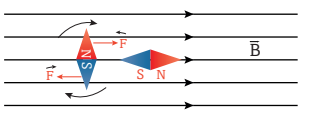
1. 189 Ω
2. Üç kalın teli paralel bağlama olur.
3. $R_{eş} = \frac{R}{3}$
4. n = 3 tane
5. **a)** $I_A = \frac{3}{2}$ A,

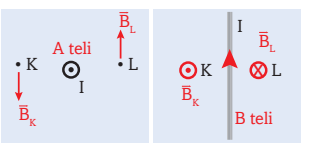
   $I_B = 3$ A,

   $I_C = \frac{9}{2}$ A

   b) $R_{eş} = 10$ Ω

   c) $I_T = 9$ A
6. $\frac{R_X}{R_y} = \frac{1}{2}$
7. 

8. 

Pusula iğnesi manyetik alanda aynı hizaya gelinceye kadar döner.
9. 

10. A ve B birbirini ittiğinden A ve B mıknatıstır. Ancak C mıknatıs değildir.

Çoktan Seçmeli Sorular

1. D
2. D
3. B
4. A
5. A
6. A
7. B
8. C
9. B
10. B
11. D
12. B
13. C
14. C
15. C

2. ÜNİTE CEVAP ANAHTARI

BÖLÜM DEĞERLENDİRME

Sayfa 113

1. Öğrencinin cevabı
2. Öğrencinin cevabı
3. Öğrencinin cevabı
4. Öğrencinin cevabı
5. Öğrencinin cevabı
6. $\frac{P_A}{P_B} = \frac{1}{2}$

Sayfa 122

1. Kovaların ağırlıkları arasında bir fark gözlenmez.
2. Öğrencinin cevabı
3. **a)** Dinamometrede okunan değer kaldırma kuvveti kadar azalır ve 20 – 5 = 15 N olur.
   b) Kap, kaldırma kuvveti kadar ağırlaşır ve baskülde okunan değer 40 + 5 = 45 N olur.
4. Cisimler sıvıda bırakıldıkları gibi kaldıkları için $d_K = d_L = d_M$ olur.
5. İple asılı cismin su içinde kalan hacmi arttıkça F_K artacak buna karşın T gerilmesi azalacaktır.

ALIŞTIRMALAR

Sayfa 85	Sayfa 99	Sayfa 103
0,3 N. Bu değer 0,03 kg'lık kütlenin ağırlığı olduğundan makuldür.	F_1 azalır, F_2 değişmez.	İşe yaramaz. Derinlere daldıkça artan basınçtan dolayı oluşan basınç kuvveti hortumu deforme eder.

NE ÖĞRENDİNİZ?

Sayfa 121

a) $G_Z > G_Y > G_X$

b) $F_Z = F_Y > F_X$

DEĞERLENDİRME SORULARI (Sayfa 124-127)

Doğru Yanlış

1. D
2. D
3. Y
4. D
5. D
6. Y
7. Y
8. Y
9. D
10. D
11. D

Boşluk Doldurma Soruları

1. özkütle
2. basınç
3. manometre
4. şekline, büyüklüğüne
5. düdüklü tencere
6. Pascal Prensibi'ne
7. altimetre
8. artması
9. cismin ağırlığı
10. aşağı yönlü

Açık Uçlu Sorular

1. Öğrencinin cevabı
2. Öğrencinin cevabı
3. Öğrencinin cevabı
4. X sıvısı
5. Öğrencinin cevabı
6. Öğrencinin cevabı
7. Yoğunluğu küçük olduğu için tatlı suda
8. Yükseklere çıkıldıkça basınç azalır. Hakkâri Antalya'dan yüksekte olduğundan Hakkâri'de küreler daha az sayıda at koşularak birbirinden ayrılabilir.
9. Öğrencinin cevabı
10. Öğrencinin cevabı

Çoktan Seçmeli Sorular

1. C
2. C
3. D
4. C
5. E
6. E
7. C
8. E
9. C
10. C
11. B
12. D

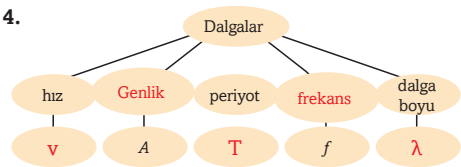
3. ÜNİTE CEVAP ANAHTARI

BÖLÜM DEĞERLENDİRME

Sayfa 144

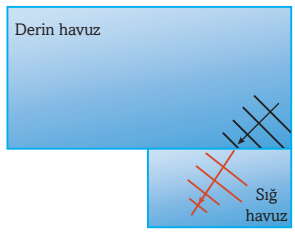
1. Öğrencinin cevabı
2. Dalganın periyodu arttıkça frekansı azalır.
3. Dalga boyu azalıyordur.
4. Öğrencinin cevabı
5. Dalga daha esnek bir ortamda daha hızlı hareket eder.

Sayfa 153

1. Baş üstü gelen atma sabit uca ulaştığında baş aşağı olacak şekilde yansır.
2. El dalga kaynağıdır.
3. Dalganın frekansı dalga kaynağına bağlıdır.
4. 

5. Öğrencinin cevabı
6. Eşit genlikte fakat birbirlerine göre ters olan iki atma şeklinde olmalıdır.

Sayfa 168

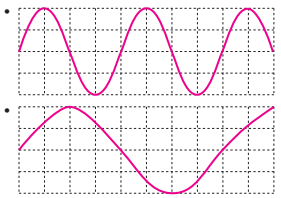
1. Eğer aynı derinliğe daldırıyorsanız değişmez. Daha sık daldırmanız oluşan dalganın frekansını değiştirir.
2. Derin bölgelerde daha hızlı yayılır. Hız ile dalga boyu doğru orantılıdır.
3. Frekans değişmez. Çünkü frekans dalga kaynağına bağlıdır. Dalga boyu ve hız değişir.
4. •


• Frekans sabit kalırken hız ve dalga boyu azalır.

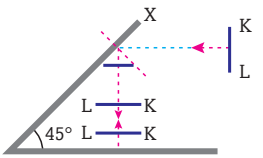
Sayfa 180	Sayfa 187
1. Öğrencinin cevabı **2.** Akerdeon düzenli bir ses dalgası üretirken matkabın ürettiği ses dalgası düzensizdir. **3.** Düşük frekanslı seslere pes, yüksek frekanslı seslere tiz denir. **4.** Öğrencinin cevabı **5.** Kullanılabilir. **6.** Öğrencinin cevabı **7.** Öğrencinin cevabı **8.** Öğrencinin cevabı	**1.** Öğrencinin cevabı **2.** Yayılabilmesi için maddesel ortam gerekli olan dalgalara mekanik dalgalar denir. **3.** Öğrencinin cevabı **4.** Öğrencinin cevabı **5.** Öğrencinin cevabı **6.** Öğrencinin cevabı **7.** Genellikle fay hatlarının olduğu bölgelerde daha sık meydana gelir. **8.** Toprak yüzeylerde daha fazla zarar verir.

ALIŞTIRMALAR

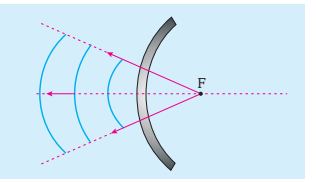
Sayfa 138



Sayfa 159



Sayfa 163

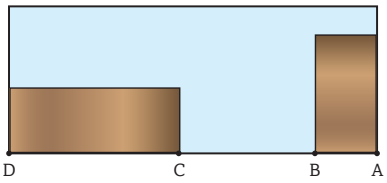


Sayfa 167

$h_L > h_k > h_N$

Sayfa 168

- Dalga leğeninin sol tarafı sığ, sağ tarafı derindir.
- $h_1 < h_3 < h_2$



NE ÖĞRENDİNİZ?

Sayfa 133	Sayfa 148	Sayfa 150	Sayfa 170
Ses telleri	Yayın gerilme kuvvetine ve yayın boyca yoğunluğuna bağlıdır.	Atmaların sürat, yön ve genliklerinde değişmeler meydana gelebilir.	Ses, titreşim hareketi sonucu meydana gelir.
Sayfa 172	**Sayfa 175**	**Sayfa 176**	
Yüksek frekanslı sesler ince, düşük frekanslı sesler kalındır.	Tınılarının farklı olmasından dolayıdır.	Bir cisim enerjiyi soğurarak kendi doğal frekansında titreşime geçerek rezonans olayını meydana getirir.	

DEĞERLENDİRME SORULARI (Sayfa 190-195)

Doğru Yanlış	Boşluk Doldurma Soruları	Eşleştirme Soruları	Açık Uçlu Sorular	Çoktan Seçmeli Sorular
1. Y **2.** D **3.** Y **4.** Y **5.** D **6.** D	**1.** frekans **2.** ince **3.** stroboskop **4.** büyüklük, sismograf **5.** genlik	**1.** d **2.** a **3.** j **4.** f **5.** k **6.** c	**1.** Kıyıdaki sudur. **2.** Ses perdesi artarsa frekans artar, dalga boyu küçülür. Dalga hızı ve genlik aynı kalır. **3.** Gitar tellerinin kalınlıkları farklıdır. Müzisyen gitar kolundaki telleri basarak telin boyunu kısaltır. Böylece farklı sesler elde edebilir. **4.** Bahsedilen müzik aletleri için öğrencilerin araştırmaları değerlendirilir. Müzik aletlerinde kullanılan malzemenin kalitesi elde edilen sesin kalitesini artırır.	**1.** B **2.** E **3.** C **4.** A **5.** D **6.** A

7. Y
8. D
9. D
10. D
11. D
12. Y
13. Y

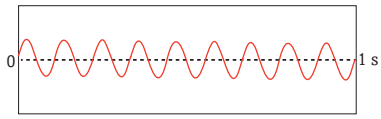
6. 20000 Hz
7. sıklaşması, seyrekleşmesi
8. gürültü
9. büyük
10. perdesi
11. 85 dB
12. Farabi

7. e
8. ç
9. g
10. b

5. Gerçekçi değildir. Patlamayı görebilir. Ancak sesi duyamaz. Çünkü ses dalgaları boşlukta yayılamaz.

6. 4 tam dalga vardır. Frekans: $1/4\ s^{-1}$

7.



8. **1.** Denge konumu **2.** Dalga çukuru **3.** Dalga boyu **4.** Genlik **5.** Dalga tepesi

9. **a)** Her üç dalganın dalga boyu 2 m dir.
1. dalganın genliği 1m iken 2. ve 3. dalganın genlikleri 0,5 m'dir.
b) 1. dalga için 2 saniyede 4 dalga $f = 2\ s^{-1}$
2. dalga için 2 saniyede 2 dalga $f = 1\ s^{-1}$
3. dalga için 2 saniyede 2 dalga $f = 1\ s^{-1}$

10. **a)** Flüt **b)** Kontrabas **c)** Flüt **ç)** Gitar

11. Yayda sıkışma bölgesi ne kadar sıkışık ise genlik o kadar büyüktür. İpte ise denge noktası ile tepe noktası arası uzaklık genliktir. Yayı daha sıkışık, ipin genliğini ise daha yüksek çizersek genlik artar ve daha fazla enerji taşır.

12. Bu odaya bir yarasa ve onun avı konulur. Av ve yarasanın hareketi gözlemlenir.

7. D
8. E
9. C
10. D
11. D
12. B
13. E
14. B
15. A
16. C
17. B
18. D
19. D

4. ÜNİTE CEVAP ANAHTARI

BÖLÜM DEĞERLENDİRME

Sayfa 213

1. $\frac{d'}{d} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

2. **a)** $E = I/r^2$ bağıntısından dolayı r arttıkça E azalır.
b) $\Phi = 4\pi I$ bağıntısı gereği I değişmediğine göre ϕ'de sabittir.

Sayfa 235

1. Hayır. Cisim odak ile tepe noktası arasındaysa görüntü sanal olur. Düz olur.

2. Görüntü sanaldır. Boyu artar.

3. Çünkü dağınık yansıma olur.

4. Şekilden de görüldüğü gibi kuru yolda her tarafa yansıma söz konusudur. Islak yolda ise yansıyan ışınlar sadece belli doğrultuda olur.

Sayfa 269

1. Sarı ışık ile

2. **a)** Sarı
b) Yeşil ışık ile aydınlatılan sarı cisim yeşil görülür.
c) Sarı cisim kırmızı ışık altında kırmızı görünür.
ç) Cisim görünmez. Çünkü yansıyan ışık olmaz.

3. Sarı renk görülür. Çünkü sarı, kırmızı ve yeşil ışık renklerinin bileşimidir.

4. Cyan ve magenta boyaları karıştırılırsa mavi renkli boya elde edilir.

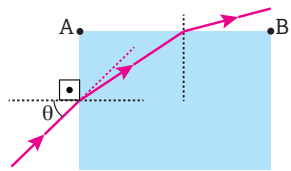
5. Işık renkleri ışığın frekansı ile ilgiliyken boya renkleri pigmentlerle ilgilidir.

6. Geçen ışık olmayacağı için cisim siyah algılanır.

Sayfa 254

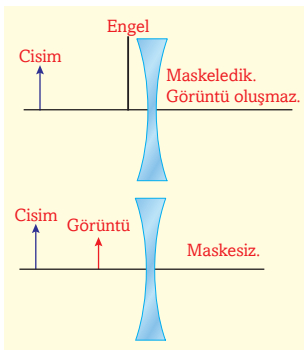
1. Oluşmaz. Tam yansımanın oluşması için çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçiş olmalıdır.

2.



3. Aynı boydaki ince kenarlı merceklerden ince olanın eğrilik yarıçapı daha büyüktür. Eğrilik yarıçapı büyük olan ince kenarlı merceğin odak uzaklığı da büyük olur

4.



5. Mümkündür. Eğer mercek şeklindeki bir kalıba su döküp dondurucuya koyarsanız buzdan bir mercek yaparsınız.

ALIŞTIRMALAR

Sayfa 206

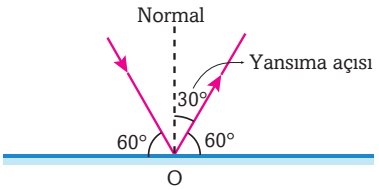
$\Phi_X = \Phi_Y$

$E_X > E_Y$

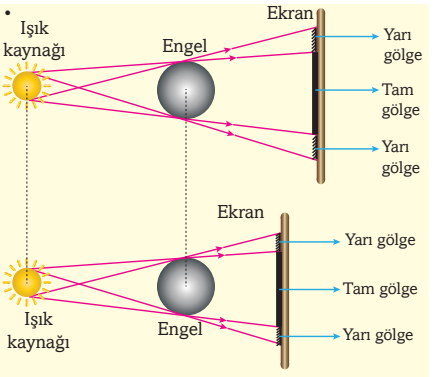
Sayfa 208

$E_X = E_Y > E_Z$

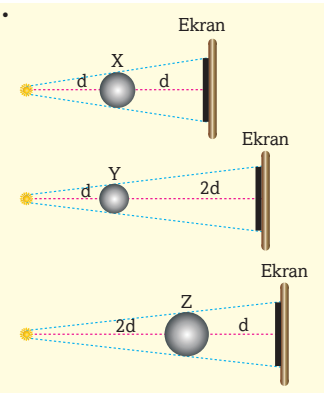
Sayfa 217



Sayfa 213

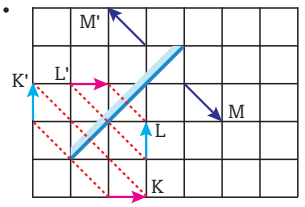


Perde engele yaklaştırıldığında tam gölge ve yarı gölgelerin alanları azalmaktadır.



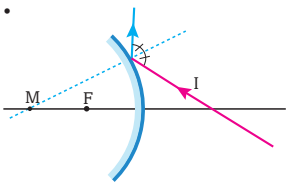
$r_x > r_y$ $r_z > r_x$ $r_z > r_x > r_y$

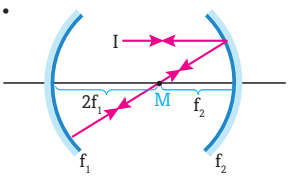
Sayfa 225



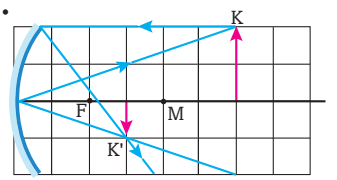
• L'den bakan yüz AB cisminin tümünü görür.

Sayfa 235





Aynalar arası mesafe $2f_1 + f_2$



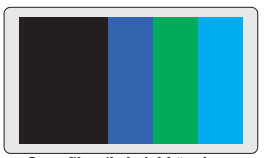
Sayfa 269

a)

Sarı filtre ile bakıldığında

b)

Magenta filtre ile bakıldığında

c) 

Cyan filtre ile bakıldığında

NE ÖĞRENDİNİZ?

Sayfa 202

Işığın tanecik şeklinde yayıldığını söyleyen modele **ışığın tanecik modeli**, ışığın dalga şeklinde yayıldığını söyleyen modele ise **ışığın dalga modeli** denir.

Sayfa 204

Işık kaynağından birim zamanda yayılan tanecik sayısı fazlaysa ışık şiddeti büyük olur.

Sayfa 206

Işık akısı artarsa aydınlanma da artar.

Sayfa 207

Bir kaynağın ışık şiddetini belirlemek için kullanılan düzenektir.

Sayfa 211

Bir kaynakta çıkan ışık ışınlarının hiç düşmediği bölgede tam gölge, ışık ışınlarının bir kısmının düştüğü bölgede yarı gölge oluşur.

Sayfa 216

Işınların yüzey normalleri ile yaptıkları açı olarak tanımlanır.

Sayfa 219

Geçerlidir. Dağınık yansımada da yansıma olayı olmaktadır.

Sayfa 221

Aynadan yansıyan ışınların uzantılarının kesiştiği yerde sanal görüntü oluşur.

Sayfa 222	Sayfa 252	Sayfa 263	Sayfa 264	Sayfa 266
Aynaya eşit uzaklıkta ve eşit boyda ve sanaldır.	Cisim nerede olursa olsun görüntü sanal, düz ve cisimden küçüktür.	Kırmızı, mavi ve yeşil ışık için ana renklerdir. Bu renkler birleştiğinde beyaz ışığı meydana getirirler.	Farklı şiddette farklı ışıklar kullanılarak değişik renkler elde edilebilir.	Magenta, cyan ve sarı boya için birincil renklerdir. Boya için ikincil renkler kırmızı, yeşil ve mavidir.

DEĞERLENDİRME SORULARI (Sayfa 272-276)

Doğru Yanlış

1. Y
2. D
3. D
4. Y
5. D
6. D
7. Y
8. Y
9. D
10. Y

Boşluk Doldurma Soruları

1. ince kenarlı mercek
2. kırılma
3. küçük, düz
4. çukur ayna
5. tamamlayıcı
6. prizma
7. kalın kenarlı mercek
8. tümsek
9. sınır açısı
10. tam yansıma

Açık Uçlu Sorular

1. Serap olayı Güneş'in yeri ısıtması sonucu oluşur. Yerin hemen üzerindeki hava tabakasının daha üst tabakadaki hava tabakasından daha sıcak olması durumunda güneş ışığının tam yansımaya uğramasıyla gözlemlenir.

2. Işığın çok yoğun ortamdan az yoğun ortama gönderilmesi ve sınır açısından daha büyük açıyla gönderilmesi gerekir.

3. Siyah.

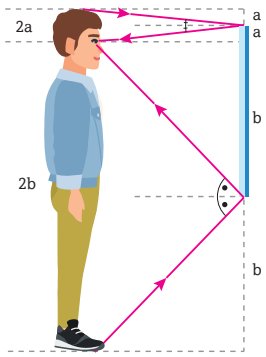
4. Öğrencinin cevabı

5. Siyah yeşil görünür.

6. Yeşil yapraktan yeşil ışık gelir. Yeşil ışık kırmızı filtreden geçemez. Dolayısıyla yaprak siyah algılanır.

7. Sarı ve magenta renkleri karıştırılmalıdır.

8.



Aynanın boyu adamın yarısı kadar olmalı. Aynanın alt ucunun yerden yüksekliği göz hizasının yarısı kadar olmalı. Buna göre yansıma kanunları çerçevesinde çizim yapılmalıdır.

9. 20 cm dir. Odak uzaklığı eğrilik yarıçapının yarısıdır.

10. a) Görüntü çukur aynanın odak noktasının dışında olduğundan çukur aynada görüntü gerçek görüntü hâlini alır.

b) Terstir. Şekle baktığınızda üstten gelen ışınlar gözlemcinin gözüne giderken dönmektedir.

11. Uygun olmaz.

12. Tümsek aynaya gelen ışınlar her zaman birbirlerinden uzaklaşarak yansırlar. Bu nedenle tümsek aynalarda her zaman sanal görüntü meydana gelir. Kalın kenarlı mercekler ışık ışınlarını kırarak dağıtırlar. Bu nedenle kalın kenarlı merceklerde asla gerçek bir görüntü oluşmaz.

13. Top odak noktasına doğru gittikçe topun görüntüsünün büyüklüğü artar. Top odak noktasına geldiğinde cismin görüntüsü sonsuzda oluşur. Top odak noktası ile ayna arasında olduğu zaman görüntüsü sanal ve toptan daha büyük olur.

14. Gelme açısı sınır açısından büyük olduğunda tam yansımaya uğrar.

15. Tam yansıma gerçekleşmezdi. Çünkü az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçişte tam yansıma olayı gözlenmez.

16. Plastik maddenin kırıcılık indisi suyun kırıcılık indisi ile aynı ise kırılma olayı gerçekleşmez. Kırılma olayının gerçekleşmesi için farklı ortamlardan geçiş olmalıdır.

17. Işık çok kırıcı bir ortamdan az kırıcı bir ortama geçmiştir. A maddesinin kırıcılık indisi B maddesinin kırıcılık indisinden büyüktür.

Çoktan Seçmeli Sorular

1. B
2. D
3. C
4. A
5. E
6. A
7. C
8. B
9. B
10. C
11. B
12. E
13. E
14. D
15. D

SÖZLÜK

A

akkor : Yüksek sıcaklık etkisi ile ışık yayan cisimlerin özelliği.

aparat : Herhangi bir aracın çeşitli amaçlarla kullanılmasını sağlayan parçaları.

ayna : Işığın %100'e yakın bir kısmını düzgün olarak yansıtan cilalı yüzey.

B

buharlaşma : Sıvının gaz veya buhar hâline dönüşmesi.

D

debi : Birim zamanda belirli bir kesitten geçen akışkan miktarı.

deklanşör : Fotoğraf makinesinde, fotoğraf çekilirken basılınca objektifin açılmasını sağlayan düğme.

diyapazon : U harfi şeklinde, çelikten yapılmış, bir cisimle vurulduğunda ses veren araç.

düzlem ayna : Üzerine düşen ışığı yansıtan pürüzsüz düz bir yüzeyi olan ayna çeşidi, düz ayna.

E

enfarktüs : Bir organı besleyen damarın tıkanması sonucu oluşan doku ölümü.

erime : Katı bir maddenin ısı alarak sıvı hâle geçmesi.

F

filozof : Felsefeyle uğraşan ve felsefenin gelişmesine katkıda bulunan kimse.

G

girişim : Dalgaların üst üste binerek birbirini söndürmesi ya da şiddetlenmesi şeklinde beliren olay.

H

hidrometre : Sıvıların yoğunluğunu ölçmek için kullanılan alet (yoğunluk ölçer).

I

ışık ışını : Işığın doğrusal yolla yayıldığını gösteren ve yayılma doğrultusunu belirten model.

İ

iyonlaşma : Atom veya moleküllerden elektron koparılması.

K

kanşon : Tansiyon aletinin kola sarılan bölümü.

kontakt lens : Gözün saydam tabakasının üzerine doğrudan uygulanan, görme problemini düzeltici mercek.

kaynama noktası : Saf bir maddenin belli bir basınçta sıvı hâlden gaz hâline geçtiği sıcaklık.

M

manşet : Kola geçirilen, genellikle çift katlı kumaştan bölüm, kolluk.

mekanik güç : Enerjinin kullanılma ya da aktarılma hızı, bir işin yapılma hızı.

N

nöron : Sinir hücresi.

P

periskop : Denizaltılarında kullanılan ve denizin altından deniz yüzeyindeki cisimleri görmek için kullanılan bir dürbün.

pigment : Nesnelerin renklerini oluşturan moleküller.

R

radyasyon : Elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji salınımı (ışınım).

reflektör : Gece parlak görünen, trafikte güvenlik amacıyla kullanılan bir araç.

reosta : Akım şiddetini değiştirmek için kullanılan ayarlanabilir direnç.

rulman : Mekanik ve elektrikli sistemlerde sürtünmeyi ve enerji kayıplarını azaltmak üzere kullanılan bilye ve yataklı sistem.

S

selofan : İnce, saydam, ambalaj yapımında kullanılan tabaka

simülasyon : Sistem nesneleri arasında tanımlanmış ilişkileri içeren sistem veya süreçlerin bir modeli.

steteskop : Vücut içinde oluşan sesleri dinlemek için kullanılan tıbbi cihaz.

süptil : Yoğunluğu az, titreşim hızı yüksek, daha akışkan ve daha ince anlamını içeren bir niteleme sıfatı.

V

vantuz : Altındaki havanın alınması sonucu pürüzsüz yüzeylere tutunan cisim.

KAYNAKÇA

Güneş, B. (Editör) (2017). *Fizikte Kavram Yanılgıları*. Ankara: Palme Yayıncılık.

Blatt, F. J. (1989). *Principles of Physics*. MA: Allyn and Bacon.

Clemson, W. (2001). *Science*. Britain: Nelson Thornes Limited.

Derek, McMonagle, BSc PhD CSci CChem FRSC By Diagram Group (2006). *Physics: An Illustrated Guide to Science*. New York: Chelsea House Publishers.

Dingrando, L., Fisher, D., Gonya, J., Haase, D. G., Klevickis, C., Turiel, I., Zorn, M. K., Zike, D. (2007). *Focus On Physical Science*. Columbus: McGraw-Hill Companies.

Ewen, D., Schurter, N., Gundersen, P. ERIK (2012). *Applied Physics* (10th Edition). Illinois: Pearson Education.

Feather, R. M., McLaughlin, C. W., Thompson, M., Zike, D. (2009). *Physical Science with Earth Science*. Columbus: The McGraw-Hill Companies.

Giancoli, D. C. (2014). *Physics Principles with Applications* Published (7th Edition). New York: Pearson Education.

Giordano, Nicholas J. (2010). *College Physics, Reasoning and Relationships* (1st Edition). Canada: Purdue Unıversıty.

Griffith, W. Thomas-Brosing, W. Juliet (2009). *The physics of everyday phenomena: a conceptual introduction to physics* (6th Edition). New York: The McGraw-Hill Companies.

Hammond, R. (2008). *Car Science*. New York: DK Publishing.

Hewitt, P. G., Suchocki, J., Hewitt, L. A. (2012). *Conceptual Physical Science* (5th Edition). San Franscisco: Pearson Education.

Hsu, T. C., Kissel, S., Eldridge P., Gutman, S., Selco, J., Mcalister, K., CPO (2007). *Focus on Physical Science* (1st Edition). New Hampshire: Delta Education LLC.

James, T. Shipman, Jerry D . Wilson, and Aaron W. Todd (2009). *An Introductıon To Physical Science* (12th Edition). United States of America: Brooks/Cole, Cengage Learning.

Krauskopf, Konrad, B., Beiser, A. (2012). *The Physical Universe* (14 th Edition), New York: McGraw-Hill Education.

McLaughlin, C.W., Thompson, M., Zike, D. (2005). *Glencoe Physical Science* (Interactive Student Edition). Columbus: McGraw-Hill Companies.

Nowikow, I., Heimbecker, B. (2001). *Physics: concepts and connections*. Toronto: Irwin Publishing.

Schaim, U. H., Cross, J. B., Dodge, J. H. ve Walter, J. A. (1981). *Fizik* (M. F. Turgut ve A. Zeren, Çev.). Ankara: MEB Yayımlar Genel Müdürlüğü.

Serway, Raymond A., Chris Vuille (2012). *College Physics* (Ninth Edition). United States of America: Cengage Learning.

Serway R., Beichner R. J. (2011). *Fen ve Mühendislik için Fizik 1* (Prof. Dr. K. Çolakoğlu, Çev.). Ankara: Palme Yayıncılık.

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı (2018). *Ortaöğretim Fizik Dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Öğretim Programı*. http://mufredat.meb.gov.tr/Programlar.aspx adresinden 09 Haziran 2018 tarihinde alınmıştır.

Tillery, Bill W. (2009). *Physical Science* (8th Edition). New York: McGraw-Hill Education.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) *Bilim Çocuk Dergileri* (2000-2017). http://www.biltek.tubitak. gov.tr/ adresinden 20 Aralık 2018'de alınmıştır.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) *Bilim ve Teknik Dergileri*. (1995-2017). http://www.biltek.tubitak.gov.tr/ adresinden 20 Aralık 2018'de alınmıştır.

Zitzewits, P. W., Elliot T. G., Haase D.G., Harper K. A., Herzog M. R., Nelson J. B., Nelson J., Schuler C. A., Zorn, M. K. (2005). *Physics: Principles and Problems* (Interactive Student Edition). Columbus: McGraw-Hill Companies.

Kaynakça atıf sistemi, APA 6.0 yazım kuralları ve kaynak gösterme biçimine göre düzenlenmiştir.

Genel Ağ Kaynakçası

https://www.medicalpark.com.tr/kontak-lens-nedir/hg-104?id=104
http://www.edwardhandmedicalheritage.org/history_of_contact_lenses.html
http://www.besoptik.com/dunden-bugune-kontakt-lens-tarihi/
http://andy-history.blogspot.com/2011/08/history-of-contact-lenses.html
http://www.ilkkimbuldu.com/kontakt-lensi-kim-buldu/
http://www.kontaktlens.org/kontakt-lensler/kontakt-lenslerin-tarihcesi

Görsel Kaynakçası

1. ÜNİTE

Kapak : https://shutr.bz/31B2lYi (23.11.2018).
Görsel 1.1 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.2 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.3 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.4 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.5 : https://bit.ly/3dps37N (23.11.2018).
Görsel 1.6 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.7 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.8 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.9 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.10 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.11 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.12 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.13 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.14 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.15 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.16 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.17 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.18 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.19 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.20 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.21 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.22 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.23 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.24 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.25 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.26 : https://bit.ly/3cGV0wR (23.11.2018).
Görsel 1.27 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.28 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.29 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.30 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.31 : https://bit.ly/3csEws6 (29.03.2021).
Görsel 1.32 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.33 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.34 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.35 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.36 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.37 : https://bit.ly/3ugg5UD (23.11.2018).
Görsel 1.38 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.39 : https://bit.ly/3cKARGp (29.03.2021).
Görsel 1.40 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.41 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.42 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.43 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.44 : https://shutr.bz/2Whw0Bu (23.11.2018).
: https://bit.ly/3sIMcMq (29.03.2021).
Görsel 1.45 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.46 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.47 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.48 : https://shutr.bz/3udz5mM (23.11.2018).
Görsel 1.49 : https://bit.ly/3wknO5W (23.11.2018).
Görsel 1.50 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.51 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.52 : https://shutr.bz/3wqqOy3 (23.11.2018).
https://shutr.bz/3mceKLL (23.11.2018).
Görsel 1.53 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.54 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.55 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.56 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.57 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.58 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.59 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.60 : https://shutr.bz/3mey6zZ (23.11.2018).
Görsel 1.61 : https://bit.ly/3wapA9Z (29.03.2021).
Görsel 1.62 : https://bit.ly/3fn5dAr (29.03.2021).
https://bit.ly/3fD3Wp3 (23.11.2018).
https://shutr.bz/3dqrBWJ (23.11.2018).
Görsel 1.63 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.64 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.65 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.66 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.67 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.68 : https://shutr.bz/3ud63Ut (23.11.2018).
Görsel 1.69 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.70 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.71 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.72 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.73 : https://shutr.bz/2Oa9f3K (23.11.2018).
Görsel 1.74 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.75 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.76 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.77 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.78 : https://bit.ly/3cKB9wZ (24.11.2018).
Görsel 1.79 : https://bit.ly/2PjJjTP (29.03.2021).
Görsel 1.80 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.81 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.82 : https://bit.ly/3u2rmYD (29.03.2021).
Görsel 1.83 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.84 : https://bit.ly/2R0EFed (29.03.2021).
Görsel 1.85 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.86 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.87 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.88 : https://bit.ly/3rKomi6 (24.11.2018).
Görsel 1.89 : https://bit.ly/3do0pIb (24.11.2018).
Görsel 1.90 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.91 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.92 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.93 : https://bit.ly/3u0zfOo (29.03.2021).
Görsel 1.94 : https://bit.ly/31qDAxV (29.03.2021).

Görsel 1.95 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.96 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 1.97 : https://bit.ly/3djGJVQ (29.03.2021).
Görsel 1.98 : https://bit.ly/3sGcDCF (24.11.2018).

2. ÜNİTE

Kapak : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.1 : https://bit.ly/2PNf7QO (24.11.2018).
Görsel 2.2 : https://bit.ly/31C07rN (24.11.2018).
Görsel 2.3 : https://bit.ly/3fxAVL6 (22.04.2019).
Görsel 2.4 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.5 : https://bit.ly/3fwCl8F (24.11.2018).
Görsel 2.6 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.7 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.8 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.9 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.10 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.11 : https://bit.ly/2QMhRyC (29.03.2021).
Görsel 2.12 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.13 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.14 : https://bit.ly/3rAhMe4 (24.11.2018). Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.15 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.16 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.17 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.18 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.19 : https://bit.ly/3udoAjr (29.03.2021).
Görsel 2.20 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.21 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.22 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.23 : Yayınevi arşivine aittir. https://shutr.bz/3cDNItC (24.11.2018).
Görsel 2.24 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.25 : https://bit.ly/31vSvHc (29.03.2021).
Görsel 2.26 : https://bit.ly/3wknIey (24.11.2018).
Görsel 2.27 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.28 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.29 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.30 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.31 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.32 : https://bit.ly/3mcBWtH (29.03.2021).
Görsel 2.33 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.34 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.35 : Yayınevi arşivine aittir. Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.36 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.37 : https://bit.ly/39qtLEH (29.03.2021).
Görsel 2.38 : https://bit.ly/3szxZBk (29.03.2021). Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.39 : https://shutr.bz/2PscFj5 (24.11.2018).
Görsel 2.40 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.41 : Yayınevi arşivine aittir. https://bit.ly/3sx0uQp (29.03.2021).
Görsel 2.42 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.43 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.44 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.45 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.46 : https://shutr.bz/2PnjzWE (24.11.2018).
Görsel 2.47 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.48 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.49 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.50 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.51 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.52 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.53 : https://bit.ly/2IXTBU5 (22.04.2019).
Görsel 2.54 : https://bit.ly/3rUVy6L (29.03.2021).
Görsel 2.55 : https://bit.ly/39rlhx0 (29.03.2021).
Görsel 2.56 : https://bit.ly/324m0QX (12.04.2021).
Görsel 2.57 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.58 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.59 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.60 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.61 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.62 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.63 : https://bit.ly/3fvcG0j (29.03.2021).
Görsel 2.64 : https://bit.ly/2Vy0C4E (24.11.2018).
Görsel 2.65 : https://bit.ly/31DEWWg (24.11.2018).
Görsel 2.66 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 2.67 : https://bit.ly/3cHthvO (24.11.2018).
Görsel 2.68 : https://bit.ly/3rDZMzh (22.04.2019).
Görsel 2.69 : https://shutr.bz/2UJshLJ (24.11.2018).
Görsel 2.70 : Yayınevi arşivine aittir.

3. ÜNİTE

Kapak : https://bit.ly/3cFEmxs (24.11.2018).
Görsel 3.1 : https://bit.ly/3rvys6n (29.03.2021).
Görsel 3.2 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.3 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.4 : https://shutr.bz/3dnUlzv (24.11.2018).
Görsel 3.5 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.6 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.7 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.8 : https://bit.ly/3udABWc (29.03.2021).
Görsel 3.9 : https://bit.ly/2GY6WKB (03.05.2019).
Görsel 3.10 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.11 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.12 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.13 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.14 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.15 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.16 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.17 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.18 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.19 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.20 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.21 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.22 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.23 : https://bit.ly/2XQ8XOC (24.11.2018).
Görsel 3.24 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.25 : https://bit.ly/2IUvfuy (24.11.2018).
Görsel 3.26 : https://bit.ly/2RhSPrd (12.04.2021).
Görsel 3.27 : https://bit.ly/3wCbAG0 (07.04.2021).
Görsel 3.28 : https://bit.ly/31Rpx51 (07.04.2021).
Görsel 3.29 : https://bit.ly/3cWBpZR (07.04.2021).
Görsel 3.30 : https://bit.ly/3rXF7GT (07.04.2021).
Görsel 3.31 : https://bit.ly/2R6x5ys (07.04.2021).
Görsel 3.32 : https://bit.ly/3g271PJ (07.04.2021).
Görsel 3.33 : https://bit.ly/3wl6eyL (24.11.2018).

Görsel 3.34 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.35 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.36 : https://bit.ly/39xKkyN (24.11.2018).
Görsel 3.37 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.38 : https://bit.ly/39rpLnk (29.03.2021).
Görsel 3.39 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.40 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.41 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.42 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.43 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.44 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.45 : https://bit.ly/3wdbC7j (29.03.2021).
Görsel 3.46 : https://bit.ly/3cFRQcP (29.03.2021).
Görsel 3.47 : https://bit.ly/3ud7CSl (22.04.219).
Görsel 3.48 : https://shutr.bz/2QWQLF3 (24.11.2018).
Görsel 3.49 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.50 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.51 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.52 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.53 : https://shutr.bz/2PsdGYr (24.11.2018). Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.54 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.55 : https://bit.ly/3mb8QdR (24.11.2018).
Görsel 3.56 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.57 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.58 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.59 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.60 : https://bit.ly/3mb8QdR (24.11.2018).
Görsel 3.61 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.62 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.63 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.64 : https://bit.ly/3mb8QdR (24.11.2018).
Görsel 3.65 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.66 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.67 : https://bit.ly/3mb8QdR (24.11.2018).
Görsel 3.68 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.69 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.70 : https://bit.ly/3dr2xiq (24.11.2018).
Görsel 3.71 : https://shutr.bz/2PNTjEZ (24.11.2018).
Görsel 3.72 : https://shutr.bz/3rBDCxT (29.03.2021). https://shutr.bz/3dr2KSK (29.03.2021).
Görsel 3.73 : https://shutr.bz/3wqsxn1 (29.03.2021).
Görsel 3.74 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.75 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.76 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.77 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.78 : https://bit.ly/2PI45fQ (29.03.2021). https://bit.ly/39lcNaD (29.03.2021).
Görsel 3.79 : https://bit.ly/2OhOraM (24.11.2018).
Görsel 3.80 : https://bit.ly/3cwtTV9 (29.03.2021). https://bit.ly/3m8EYix (29.03.2021).
Görsel 3.81 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.82 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.83 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.84 : https://bit.ly/2XMK4U3 (24.11.2018).
Görsel 3.85 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.86 : https://bit.ly/2L75sSC (24.11.2018).
Görsel 3.87 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.88 : https://bit.ly/39vBJfG (24.11.2018).
Görsel 3.89 : https://bit.ly/2VBMUOx (24.11.2018). https://shutr.bz/3wkeIX9 (24.11.2018).
Görsel 3.90 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.91 : https://bit.ly/31trww4 (29.03.2021).
Görsel 3.92 : https://bit.ly/3m4KxP0 (29.03.2021).
Görsel 3.93 : https://bit.ly/2ObUTQp (24.11.2018).
Görsel 3.94 : https://bit.ly/3w83ogz (29.03.2021).
Görsel 3.95 : https://bit.ly/3wfYazt (24.11.2018).
Görsel 3.96 : https://bit.ly/2PiGBya (24.11.2018).
Görsel 3.97 : https://shutr.bz/3rEExgT (29.03.2021).
Görsel 3.98 : https://bit.ly/3sIQFyD (24.11.2018).
Görsel 3.99 : https://bit.ly/3fkKWLK (29.03.2021).
Görsel 3.100 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 3.101 : https://bit.ly/3frABOa (24.11.2018).
Görsel 3.102 : https://bit.ly/2UKNl4l. (30.04.2019).

4. ÜNİTE

Kapak : https://shutr.bz/31IYbxz (29.03.2021).
Görsel 4.1 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.2 : https://shutr.bz/3dmjydH (29.03.2021).
Görsel 4.3 : https://shutr.bz/3sHyjhG (29.03.2021).
Görsel 4.4 : https://bit.ly/3cHZkMt (24.11.2018).
Görsel 4.5 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.6 : https://shutr.bz/3sN0bkE (29.03.2021).
Görsel 4.7 : https://bit.ly/2GEouKv (24.11.2018).
Görsel 4.8 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.9 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.10 : https://bit.ly/3szTjXs (29.03.2021). Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.11 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.12 : https://bit.ly/2PAy49p (29.03.2021). https://bit.ly/2ZFS9vM (24.11.2018).
Görsel 4.13 : https://shutr.bz/3mhFhHJ (22.03.2021).
Görsel 4.14 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.15 : https://bit.ly/31BSLof (29.03.2021).
Görsel 4.16 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.17 : https://bit.ly/3ftF96J (29.03.2021).
Görsel 4.18 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.19 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.20 : https://bit.ly/2UXjkDi (24.11.2018). https://bit.ly/3mc6xXW (29.03.2021). https://bit.ly/3fvPoHs (24.11.2018).
Görsel 4.21 : https://shutr.bz/3uas4Dk (22.03.2021).
Görsel 4.22 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.23 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.24 : https://bit.ly/3sCN8Sy (29.03.2021).
Görsel 4.25 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.26 : https://bit.ly/3cuEU9l (29.03.2021).
Görsel 4.27 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.28 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.29 : https://shutr.bz/39zzKal (24.11.2018).
Görsel 4.30 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.31 : https://bit.ly/3cFy695 (24.11.2018).
Görsel 4.32 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.33 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.34 : Yayınevi arşivine aittir
Görsel 4.35 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.36 : Yayınevi arşivine aittir.

Görsel 4.37 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.38 : https://bit.ly/2UXjlak (22.04.2019).
Görsel 4.39 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.40 : https://bit.ly/3cFFUHM (24.11.2018).
Görsel 4.41 : https://bit.ly/31BNaOD (22.04.2019).
Görsel 4.42 : https://shutr.bz/3rGvaNM (29.03.2021).
Görsel 4.43 : https://shutr.bz/3cHviIo (29.03.2021).
Görsel 4.44 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.45 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.46 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.47 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.48 : https://bit.ly/2QSASzj (24.11.2018).
Görsel 4.49 : https://bit.ly/3fytDGX (24.11.2018).
Görsel 4.50 : https://bit.ly/3dlHxK8 (24.11.2018).
Görsel 4.51 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.52 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.53 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.54 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.55 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.56 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.57 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.58 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.59 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.60 : Yayınevi arşivine aittir. https://bit.ly/2PoIxVM (24.11.2018).
Görsel 4.61 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.62 : Yayınevi arşivine aittir. https://bit.ly/2OeAXwo (24.11.2018).
Görsel 4.63 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.64 : https://bit.ly/3u4AyMi (24.11.2018). https://bit.ly/31CetIJ (29.03.2021). https://bit.ly/2PRjSJu (24.11.2018). https://bit.ly/3fxoe35 (29.03.2021).
Görsel 4.65 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.66 : https://bit.ly/2QQ3SYz (29.03.2021).
Görsel 4.67 : https://bit.ly/3dkClGe (29.03.2021).
Görsel 4.68 : https://bit.ly/3ur8tyK (29.03.2021).
Görsel 4.69 : https://bit.ly/3dkX3G9 (29.03.2021).
Görsel 4.70 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.71 : https://bit.ly/3tXr5Gq (29.03.2021).
Görsel 4.72 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.73 : https://bit.ly/3cxYr9e (29.03.2021).
Görsel 4.74 : https://bit.ly/2OhPFCU (29.03.2021).
Görsel 4.75 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.76 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.77 : Yayınevi arşivine aittir. https://bit.ly/2L5A9rb (24.11.2018).
Görsel 4.78 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.79 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.80 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.81 : https://bit.ly/3uchN9Q (29.03.2021). https://bit.ly/3dn0fkx (29.03.2021).
Görsel 4.82 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.83 : https://bit.ly/3w7mOlJ (29.03.2021). Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.84 : https://bit.ly/3wlc17t (24.11.2018)
Görsel 4.85 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.86 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.87 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.88 : https://bit.ly/3dokrCy (24.11.2018).
Görsel 4.89 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.90 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.91 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.92 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.93 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.94 : https://bit.ly/31zPkOZ (24.11.2018).
Görsel 4.95 : https://bit.ly/2Poiazf (24.11.2018). https://shutr.bz/39xkCdr (29.03.2021).
Görsel 4.96 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.97 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.98 : https://bit.ly/2PKoscf (24.11.2018).
Görsel 4.99 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.100 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.101 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.102 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.103 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.104 : https://shutr.bz/3cEjy9G (24.11.2018).
Görsel 4.105 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.106 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.107 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.108 : https://bit.ly/3wheeRw (29.03.2021).
Görsel 4.109 : https://shutr.bz/39xyDrK (24.11.2018).
Görsel 4.110 : https://bit.ly/2PAANQb (29.03.2021).
Görsel 4.111 : https://bit.ly/3wjiXSv (24.11.2018).
Görsel 4.112 : https://bit.ly/31DLDHS (29.03.2021).
Görsel 4.113 : https://bit.ly/2L9vPXW (24.11.2018).
Görsel 4.114 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.115 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.116 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.117 : https://bit.ly/31Q0sHH (24.11.2018).
Görsel 4.118 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.119 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.120 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.121 : https://bit.ly/39yup38 (29.03.2021).
Görsel 4.122 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.123 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.124 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.125 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.126 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.127 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.128 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.129 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.130 : https://bit.ly/3do7dFJ (24.11.2018).
Görsel 4.131 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.132 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.133 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.134 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.135 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.136 : https://bit.ly/3sFGJ9a (29.03.2021).
Görsel 4.137 : https://bit.ly/31FfLma (29.03.2021).
Görsel 4.138 : Yayınevi arşivine aittir.
Görsel 4.139 : https://bit.ly/3u1IZb8 (29.03.2021).
Görsel 4.140 : https://bit.ly/3mhKLlN (24.11.2018).
Görsel 4.141 : https://shutr.bz/2OcXpGf (24.11.2018).
Görsel 4.142 : https://bit.ly/3cChmzA (29.03.2021).
Görsel 4.143 : https://bit.ly/31EnzF0 (29.03.2021).
Görsel 4.144 : https://bit.ly/3sISzPM (24.11.2018).